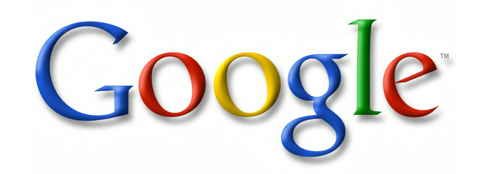


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

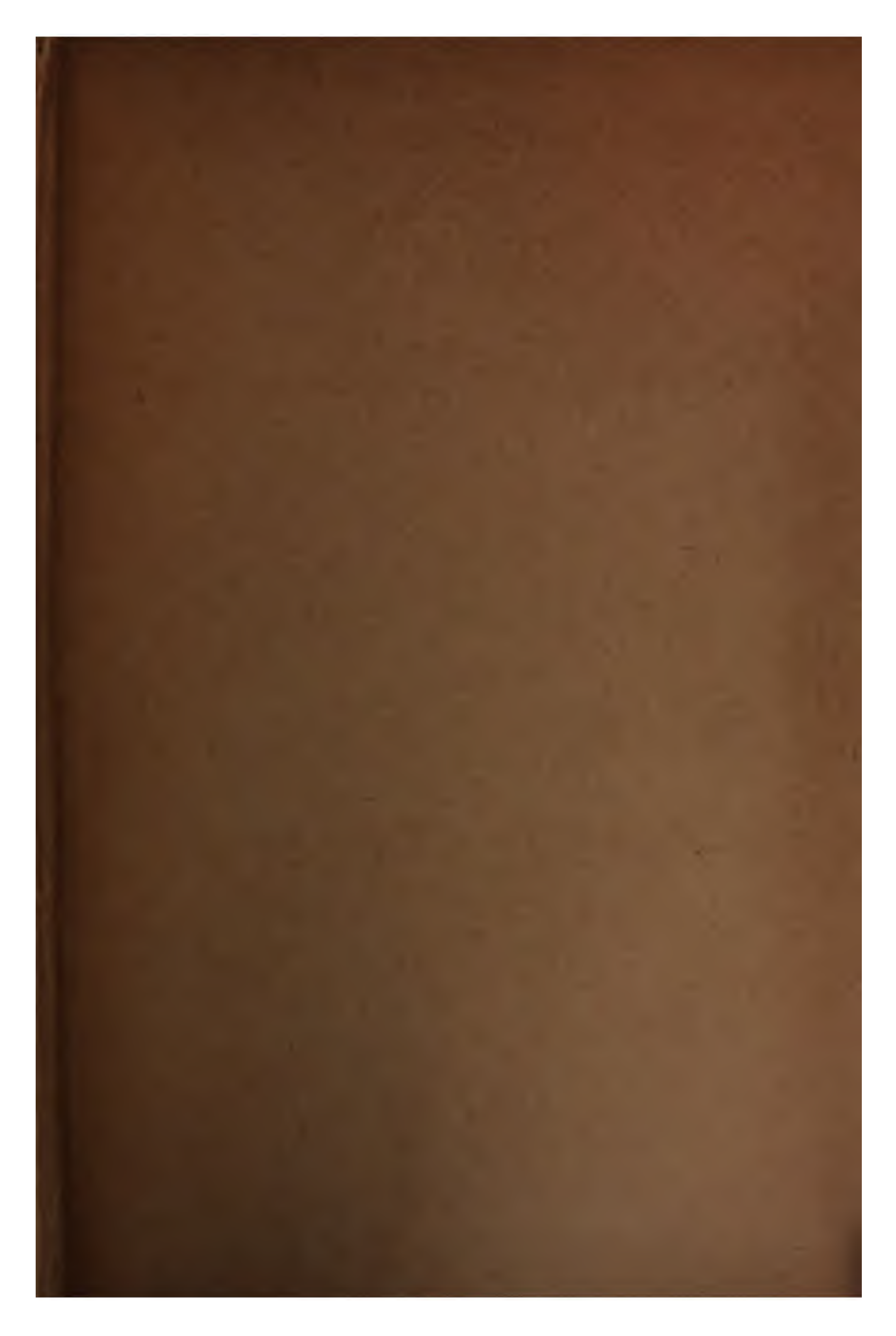
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

LANE
MEDICAL LIBRARY
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
1885
LEVI COOPER LANE FUND

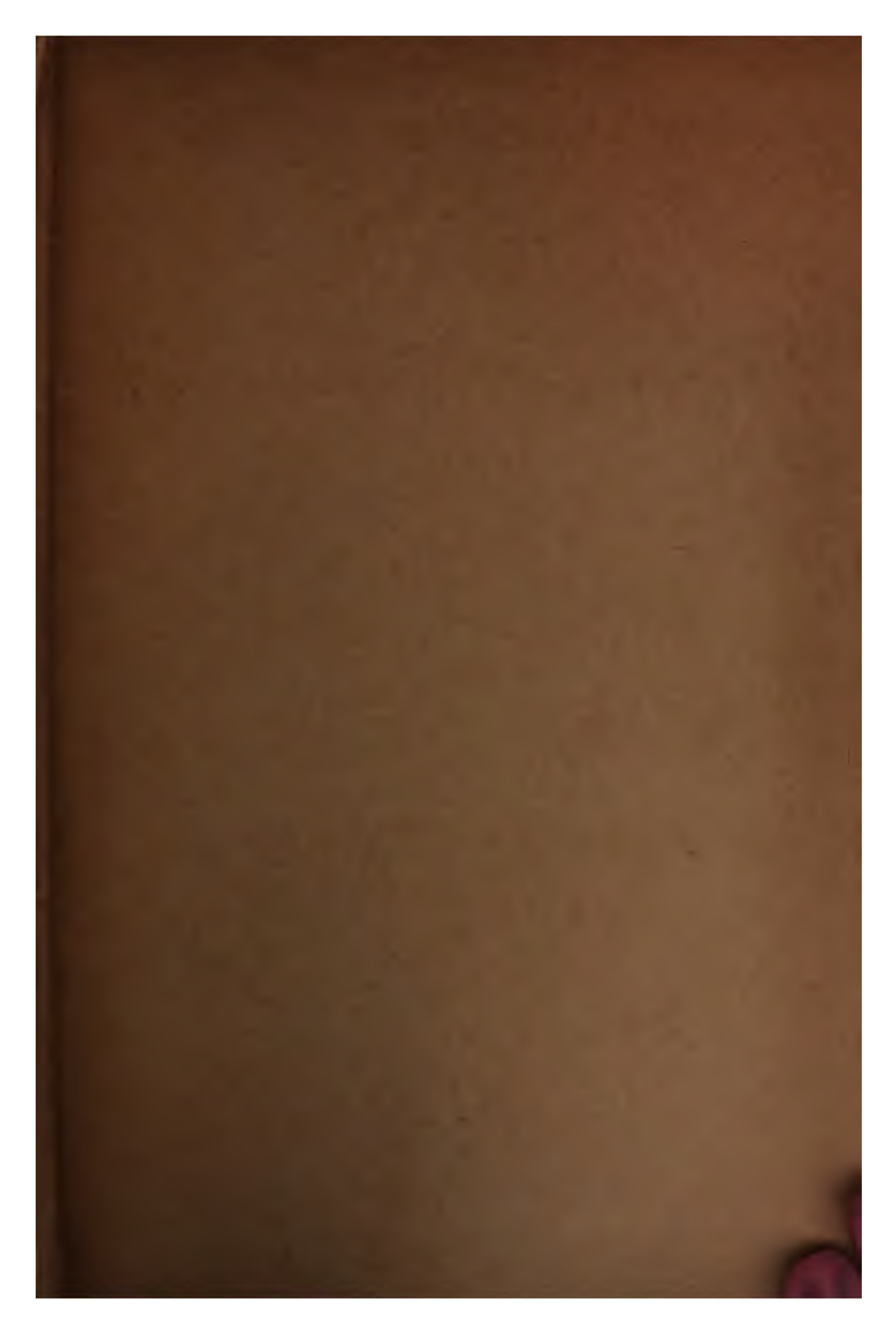


LANE

MEDICAL LIBRARY

SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY 1885

LEVI COOPER LANE FUND





GRUNDZÜGE

DER

PHYSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE

ERSTER BAND

GRUNDZÜGE

DER

PHYSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE

VON

WILHELM WUNDT
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU LEIPZIG

VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE

ERSTER BAND

MIT 143 HOLZSCHNITTEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

Alle Rechte, besonders das der Uebersetzung, bleiben vorbehalten.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

vormaligen Director des Heidelberger anatomischen Museums, Professor Fr. Arnold, zu Dank verpflichtet. Die mikroskopische Erforschung des Gehirnbaus fordert freilich ihren eigenen Mann, und musste ich mich hier darauf beschränken, die Angaben der verschiedenen Autoren unter einander und mit den Resultaten der gröberen Gehirnanatomie zu vergleichen. Ich muss es den Sachverständigen überlassen zu entscheiden, ob das auf dieser Grundlage im vierten Capitel gezeichnete Bild der centralen Leitungsbahnen wenigstens in seinen Hauptzügen richtig ist. Dass im einzelnen noch mannigfache Ergänzungen und Berichtigungen desselben erforderlich sind, ist mir wohl bewusst. Doch dürfte eine gewisse Bürgschaft immerhin darin liegen, dass die functionellen Störungen, die der physiologische Versuch bei den Abtragungen und Durchschneidungen der verschiedenen Centraltheile ergibt, mit jenem anatomischen Bilde leicht in Einklang zu bringen sind, wie ich im fünften Capitel zu zeigen versuchte. Die meisten der hier dargestellten Erscheinungen hatte ich in eigenen Versuchen zu beobachten häufige Gelegenheit. Im sechsten Capitel sind die Resultate meiner »Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren«, so weit sich dieselben auf die psychologisch wichtige Frage nach der Natur der in den Nervenelementen wirksamen Kräfte beziehen, zusammengefasst.

Der zweite und dritte Abschnitt behandeln ein Gebiet, das den Verfasser selbst vor langer Zeit zuerst zu psychologischen Studien führte. Als er im Jahre 1858 seine »Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung« auszuarbeiten begann, waren unter den deutschen Physiologen nativistische Ansichten noch in fast unbestrittener Geltung. Jene Schrift war wesentlich aus der Absicht entsprungen, die Unzulänglichkeit der bisherigen Hypothesen über die Entstehung der räumlichen Tast- und Gesichtsvorstellungen nachzuweisen und physiologische Grundlagen einer psychologischen Theorie aufzufinden. Seitdem haben die dort vertretenen Ansichten auch unter den Physiologen allgemeineren Eingang gefunden, meistens allerdings in einer Form, die vor einer strengen Kritik nicht Stand halten dürfte. Der Verfasser hofft, es möchte ihm in dem vorliegenden Werke gelungen sein, das Ungenügende des neueren physiologischen Empirismus ebenso wie die relative Berechtigung des Nativismus und die Nothwendigkeit, mit der beide Anschauungen auf eine tiefer

gehende psychologische Theorie hinweisen, darzuthun. Die Hypothese von den specifischen Sinnesenergien, die eigentlich einen Rest des älteren Nativismus darstellt, kann, wie ich glaube, trotz der bequemen Erklärung mancher Thatsachen, die sie zulässt, nicht mehr gehalten werden. Meine Kritik wird hier voraussichtlich noch auf manchen Widerspruch stoßen. Wer aber den ganzen Zusammenhang ins Auge fasst, wird sich der Triftigkeit der Einwände kaum entziehen.

Die Untersuchungen des vierten Abschnitts, namentlich die Versuche über den Eintritt und Verlauf der durch äußere Eindrücke erweckten Sinnesvorstellungen, haben den Verfasser seit vierzehn Jahren, freilich mit vielen durch andere Arbeiten und durch die Beschaffung der nothwendigen Apparate verursachten Unterbrechungen, beschäftigt. Die ersten Resultate sind schon im Jahre 1861 der Naturforscherversammlung in Speyer vorgetragen worden. Seitdem sind noch von anderer Seite mehrere beachtungswerthe Abhandlungen über den gleichen Gegenstand erschienen. An einer Verwerthung der gewonnenen Thatsachen für die Theorie des Bewusstseins und der Aufmerksamkeit hat es aber bis jetzt gefehlt. Möchte es mir gelungen sein, diesem wichtigen Zweige der physiologischen Psychologie wenigstens einen vorläufigen Abschluss gegeben zu haben.

Schließlich kann ich nicht umhin, den polemischen Ausführungen gegen HERBART hier die Bitte beizufügen, dass man nach denselben zugleich die Bedeutung bemessen möge, die ich den psychologischen Arbeiten dieses Philosophen beilege, dem ich nächst KANT in der Ausbildung eigener philosophischer Ansichten am meisten verdanke. Ebenso brauche ich mit Rücksicht auf die in einem der letzten Capitel enthaltene Bekämpfung von DARWIN's Theorie der Ausdrucksbewegungen kaum erst zu betonen, wie sehr auch das gegenwärtige Werk von den allgemeinen Anschauungen durchdrungen ist, welche durch DARWIN ein unverlierbarer Besitz der Naturforschung geworden sind.

Heidelberg, im März 1874.

Die vierte Auflage dieses Werkes hat in Folge der mannigfachen Fortschritte, die theils die experimentelle Psychologie selbst theils ihre anatomisch-physiologischen Hülfsgebiete in den letzten Jahren gemacht, größere Umgestaltungen erfahren, als die verhältnissmäßige Kürze der seit dem Erscheinen der dritten Auflage verflossenen Zeit erwarten ließ. Diese Umgestaltungen erstrecken sich, abgesehen von der Einleitung und dem Schluss, nahezu gleichmäßig über alle Theile des Werkes. Bei der Verbreitung, die erfreulicher Weise die Beschäftigung mit psychologischen Forschungen heute gewonnen hat, schien es mir jedoch nützlich, noch einen Schritt weiter zu gehen, als durch jene äußeren Bedingungen gefordert war, und dieser Auflage gegenüber den älteren auch dadurch einen einigermaßen veränderten Charakter zu geben, dass in ihr ausführlicher als früher die psychologischen Untersuchungsmethoden behandelt sind.

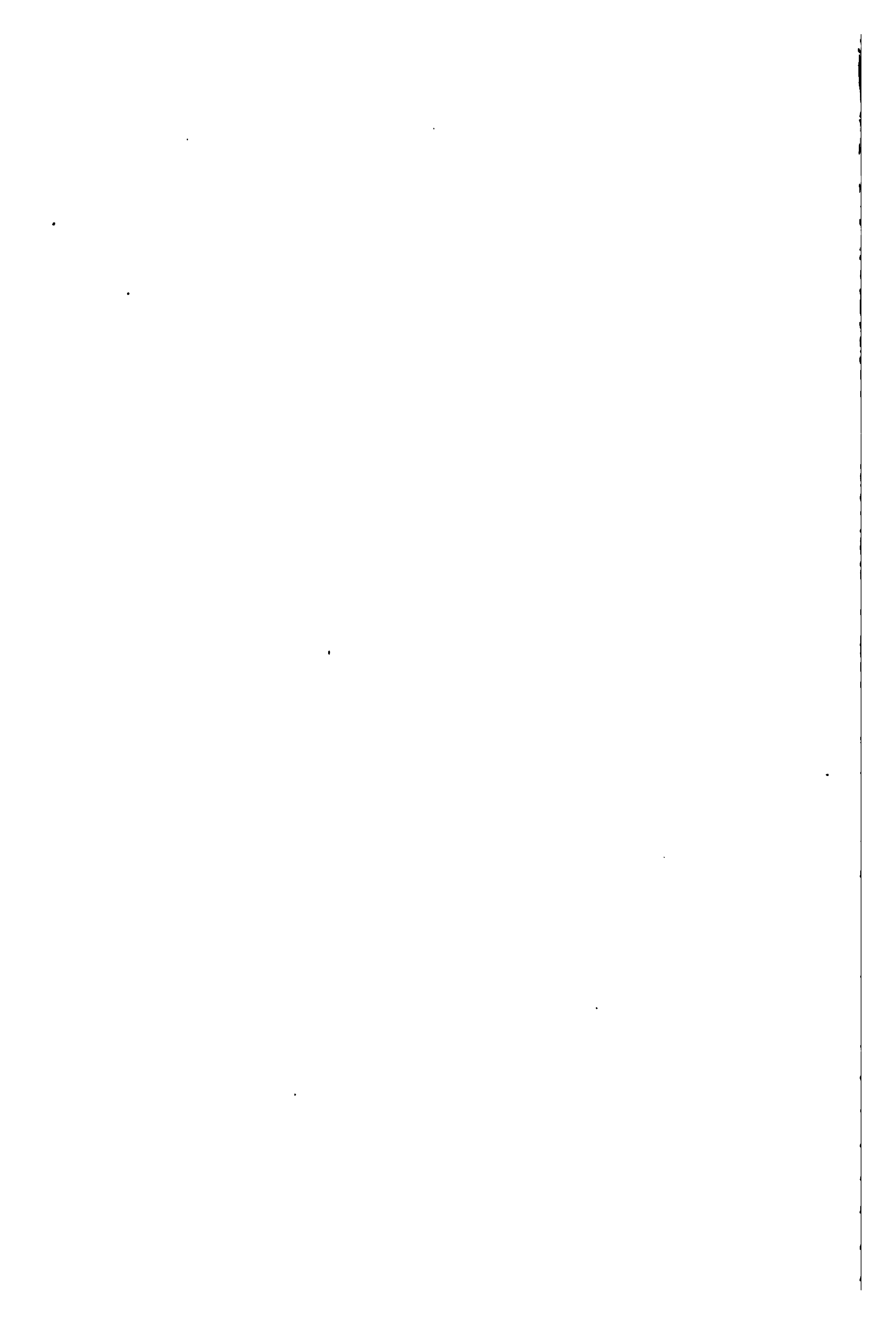
Als dieses Buch vor neunzehn Jahren zum ersten Mal in die Welt ging, war die experimentelle Psychologie noch in den meisten ihrer Capitel genöthigt bei den naturwissenschaftlichen Nachbargebieten ihre Anleihen zu machen. Das ist allmählich anders geworden, und in gleichem Maße hat sich in ihr eine eigenartige Methodik herausgebildet. Dieser veränderten Lage glaubte ich durch eine eingehendere Erörterung der principiellen methodologischen Probleme und durch eine genauere Beschreibung der wichtigsten technischen Hülfsmittel Rechnung tragen zu sollen. Die Verlagshandlung hat die Erreichung dieses Zwecks durch reichere Ausstattung des Werkes mit gut ausgeführten Holzschnitten in dankenswerther Weise gefördert. Ich hoffe, dass diese Erweiterung vor allem denen willkommen sein wird, die sich selbst mit psychologischen Untersuchungen beschäftigen. Aber auch den Vertretern anderer Gebiete mag es, wo sich ihre eigenen wissenschaftlichen Interessen mit denen der Psychologie berühren, vielleicht nicht unerwünscht sein, nicht nur

über die Resultate der psychologischen Arbeiten, sondern auch über die Art ihrer Gewinnung und den Grad ihrer Zuverlässigkeit, so weit möglich, sich ein eigenes Urtheil bilden zu können. Durch die Einrichtung des Drucks ist übrigens dafür Sorge getragen, dass, wer sich bei solchen methodologischen Fragen nicht aufhalten will, ohne wesentliche Störung des Zusammenhangs über sie hinweggehen kann.

Meinen Assistenten Dr. KIRSCHMANN, Dr. KÜLPE und Dr. MEUMANN bin ich für mannigfache Unterstützung bei der Vorbereitung des Drucks verpflichtet. Herr Dr. KIRSCHMANN hat die Zeichnungen zum ersten und zu einem Theil des zweiten, Herr Dr. MEUMANN eine Anzahl der Apparatenzeichnungen des zweiten Bandes angefertigt. Herr Dr. KÜLPE ist mir bei der Durchsicht der Druckbogen hülfreich gewesen.

Leipzig, im März 1893.

W. Wundt.



GRUNDZÜGE

DER

PHYSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE

VON

WILHELM WUNDT
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU LEIPZIG

VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE

ERSTER BAND

MIT 143 HOLZSCHNITTEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

Druckfehler.

S. 37 Anm. 1 statt XIX, 6. 359 l. XIV, S. 359.

S. 224 Z. 18 v. u. statt des Lichts oder der Farbe l. des Lichts oder der **Töne**.

Einleitung.

1. Aufgabe der physiologischen Psychologie.

Das vorliegende Werk gibt durch seinen Titel schon zu erkennen, dass es den Versuch macht, zwei Wissenschaften in Verbindung zu bringen, die, obgleich ihre Gegenstände innig zusammenhängen, doch zumeist völlig abweichende Wege gewandelt sind. Physiologie und Psychologie theilen sich in die Betrachtung der allgemeinen und insonderheit der menschlichen Lebenserscheinungen. Die Physiologie erforscht unter diesen Erscheinungen vorzugsweise diejenigen, die sich durch unsere äußeren Sinne wahrnehmen lassen. Die Psychologie sucht über den Zusammenhang jener Vorgänge Rechenschaft zu geben, welche die innere Wahrnehmung darbietet. Zwischen diesen Gebieten des äußeren und des inneren Lebens gibt es aber zahlreiche Berührungspunkte; denn die innere Erfahrung wird fortwährend durch äußere Einwirkungen beeinflusst, und unsere inneren Zustände greifen in den Ablauf des äußeren Geschehens vielfach bestimmend ein. So eröffnet sich ein Kreis von Lebensvorgängen, die der äußeren und inneren Wahrnehmung gleichzeitig zugänglich sind, ein Grenzgebiet, das man, so lange überhaupt Physiologie und Psychologie von einander getrennt sind, zweckmäßig einer besonderen Disciplin, die zwischen ihnen steht, zuweisen wird. Aus solchem Grenzgebiet eröffnen sich aber von selbst Ausblicke nach dies- und jenseits. Eine Wissenschaft, welche die Berührungspunkte des inneren und äußeren Lebens zu ihrem Objecte hat, wird veranlasst sein, mit den hier gewonnenen Anschauungen so weit als möglich den ganzen Umfang der beiden Gebiete, zwischen denen sie als Vermittlerin steht, zu vergleichen, und alle ihre Untersuchungen werden endlich in der Frage gipfeln, wie äußeres und inneres Dasein in ihrem letzten Grunde mit einander zusammenhängen. Die Physiologie und Psychologie können jede für sich von dieser Frage leicht Umgang nehmen. Die physiologische Psychologie kann ihr nicht aus dem Wege gehen.

Somit weisen wir unserer Wissenschaft die Aufgabe zu: erstlich diejenigen Lebensvorgänge zu erforschen, welche, zwischen äußerer und innerer Erfahrung in der Mitte stehend, die gleichzeitige Anwendung beider Beobachtungsmethoden, der äußeren und der inneren, erforderlich machen, und zweitens von den bei der Untersuchung dieser Vorgänge gewonnenen Gesichtspunkten aus die Gesammtheit der Lebenserscheinungen zu beleuchten und auf solche Weise wo möglich eine Totalauffassung des menschlichen Seins zu vermitteln.

Diese Aufgabe bedarf aber in einer Beziehung noch der schärferen Begrenzung. Indem nämlich die physiologische Psychologie die Wege zwischen innerem und äußerem Leben durchmisst, schlägt sie zunächst solche ein, die von außen nach innen führen. Mit den physiologischen Vorgängen beginnt sie und sucht nachzuweisen, wie diese das Gebiet der inneren Beobachtung beeinflussen; erst in zweiter Linie stehen ihr die Rückwirkungen, welche das äußere durch das innere Sein empfängt. So sind denn auch die Ausblicke, die sie nach den beiden Grundwissenschaften, zwischen denen sie sich eingeschoben hat, wirft, vorzugsweise nach der einen, der psychologischen Seite gerichtet. Der Name physiologische Psychologie deutet dies an, indem er als den eigentlichen Gegenstand unserer Wissenschaft die Psychologie bezeichnet und den physiologischen Standpunkt nur als nähere Bestimmung hinzufügt. Der Grund dieses Verhältnisses liegt hauptsächlich darin, dass alle jene Probleme, die sich auf die Wechselbeziehungen des inneren und äußeren Lebens erstrecken, bisher zumeist einen Bestandtheil der Psychologie gebildet haben, während die Physiologie Gegenstände, bei deren Untersuchung der Speculation eine wesentliche Rolle zufiel, gern aus dem Bereiche ihrer Untersuchungen ausschloss. Doch haben in neuerer Zeit gleichzeitig die Psychologen begonnen sich mit der physiologischen Erfahrung vertrauter zu machen, und die Physiologen die Nöthigung empfunden, über gewisse Grenzfragen, auf die sie gestoßen, sich bei der Psychologie Raths zu erholen. Die so aus ähnlichen Bedürfnissen entstandene Begegnung hat der physiologischen Psychologie den Ursprung gegeben. Die Probleme dieser Wissenschaft, so nahe sie auch die Physiologie berühren, ja vielfach auf das eigenste Gebiet derselben übergreifen, haben großentheils bisher zur Domäne der Psychologie gehört, das Rüstzeug aber, das sie zur Bewältigung dieser Probleme herbeibringt, ist gleichmäßig beiden Mutterwissenschaften entlehnt. Die psychologische Selbstbeobachtung geht Hand in Hand mit den Methoden der Experimentalphysiologie, und aus der Anwendung dieser auf jene haben sich selbständige experimentelle Methoden der psychologischen Forschung entwickelt. Will man auf die Eigenthümlichkeit der Methode das Hauptge-

wicht legen, so lässt daher unsere Wissenschaft als experimentelle Psychologie von der älteren, auf die bloße innere Wahrnehmung gegründeten Seelenlehre sich unterscheiden.

Ihrer Aufgabe gemäß nimmt die Psychologie zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften eine mittlere Stellung ein. Den ersteren ist sie deshalb verwandt, weil für das innere und äußere Geschehen insoweit übereinstimmende Untersuchungs- und Erklärungsprincipien zur Anwendung kommen, als dies der Begriff des Geschehens überhaupt mit sich bringt. Für die Geisteswissenschaften bildet sie die grundlegende Lehre. Denn jede Aeußerung des menschlichen Geistes hat ihre letzte Ursache in Elementarerscheinungen der inneren Erfahrung. Geschichte, Rechts- und Staatslehre, Kunst- und Religionsphilosophie führen daher zurück auf psychologische Erklärungsgründe. Die physiologische Psychologie aber steht, da sie die Beziehungen des äußeren und inneren Geschehens vorzugsweise zu untersuchen hat, mit ihrer einen Hälfte selbst noch innerhalb der Naturwissenschaften, von denen aus sie die nächste Vermittlerin zu den Geisteswissenschaften bilden muss.

Unter den Naturwissenschaften unterscheidet man zumeist die beschreibenden und die erklärenden oder die Zweige der Naturgeschichte und der Naturlehre von einander. Beide Gebiete lassen eine bleibende Trennung nicht zu. Denn die Beschreibung gewinnt erst dann ihren wissenschaftlichen Werth, wenn ihr erklärende Principien zu Grunde liegen, wogegen sie selbst und die auf sie gegründeten Eintheilungen der Erklärung den Weg bahnen. Je weniger ausgebildet aber eine Wissenschaft ist, um so leichter werden die aus der Beschreibung der Thatsachen hervorgegangenen Classificationsversuche für causale Erklärungen angesehen. So bewegen sich denn auch die meisten Bearbeitungen der empirischen Psychologie vorzugsweise innerhalb der Grenzen einer Naturgeschichte der Seele, die ihre Aufgabe darin sieht, die einzelnen complexen Thatsachen gewissen zumeist schon in der Sprache fixirten Allgemeinbegriffen, wie Gefühl, Wille, Vorstellung, oder selbst umfassenden Zweckbegriffen, wie Gedächtniss, Verstand, Vernunft u. s. w. unterzuordnen. Dagegen ist das Streben der physiologischen Psychologie ganz und gar auf die Nachweisung der psychischen Elementarphänomene und ihrer ursächlichen Beziehungen und Verbindungen gerichtet. Sie sucht diese zu finden, indem sie zunächst von den physiologischen Vorgängen ausgeht, mit denen sie im Zusammenhang stehen. So nimmt unsere Wissenschaft nicht sogleich inmitten des Schauplatzes der inneren Beobachtung ihren Standpunkt, sondern sie sucht von außen in denselben einzudringen. Hierdurch wird es ihr gerade möglich, das wirksamste Hülfs-

mittel der erklärenden Naturforschung, die experimentelle Methode, zu Rathe zu ziehen. Denn das Wesen des Experimentes besteht in der willkürlichen und, sobald es sich um die Gewinnung gesetzlicher Beziehungen zwischen den Ursachen und ihren Wirkungen handelt, in der quantitativ bestimmbaren Veränderung der Bedingungen des Geschehens. Nun können aber, wenigstens mit einiger Sicherheit, nur die äußeren, physischen Bedingungen der inneren Vorgänge willkürlich verändert werden. Nichtsdestoweniger würde man Unrecht thun, wollte man auf diesen Grund hin die Möglichkeit einer Experimentalpsychologie bestreiten; denn es ist zwar richtig, dass es nur psychophysische, keine rein psychologischen Experimente gibt, falls man nämlich unter den letzteren solche versteht, die von den äußeren Bedingungen des inneren Geschehens ganz absehen. Aber die Veränderung, die durch Variation einer Bedingung gesetzt wird, ist überall nicht bloß von der Natur der Bedingung, sondern auch von der des Bedingten abhängig. Die Veränderungen im inneren Geschehen, die man durch den Wechsel der äußeren Einflüsse, von denen es abhängt, herbeiführt, werden also ebendamit auch über das innere Geschehen selbst Aufschlüsse enthalten. In diesem Sinne ist jedes psychophysische zugleich ein psychologisches Experiment zu nennen.

Der entscheidende Werth dieses Hülfsmittels liegt darin, dass es eine Selbstbeobachtung im wissenschaftlichen Sinne des Wortes überhaupt erst möglich macht. Denn eine solche setzt voraus, dass der Gegenstand der Beobachtung, in diesem Falle also der psychische Vorgang, um dessen Untersuchung es sich handelt, durch die Aufmerksamkeit fixirt und in seinen etwaigen Veränderungen verfolgt werden könne. Eine derartige Fixirung durch die Aufmerksamkeit verlangt aber ihrerseits wieder die Unabhängigkeit des beobachteten Gegenstandes von dem Beobachter. Dass die letztere bei dem Versuch einer unmittelbaren, ohne experimentelle Hülfsmittel vorgenommenen Selbstbeobachtung nicht besteht, ist einleuchtend. Das Streben sich selbst zu beobachten bringt hier unvermeidlich Veränderungen im inneren Geschehen hervor, die ohne dieses Streben nicht eintreten würden, und in deren Folge in der Regel gerade das, was man beobachten will, aus dem Bewusstsein verschwindet. Indem nun das psychologische Experiment äußere Bedingungen herstellt, welche dahin abzielen, in einem gegebenen Augenblick ein bestimmtes psychisches Geschehen herbeizuführen, und indem es zudem die sonstigen Umstände so zu beherrschen gestattet, dass auch der dieses Geschehen begleitende Zustand des Bewusstseins annähernd der nämliche ist, liegt die Hauptbedeutung der experimentellen Methode hier nicht bloß darin, dass sie, ähnlich wie auf physischem Gebiete, die Bedingungen der Beobachtung

willkürlich variirbar macht, sondern wesentlich noch darin, dass durch sie eine exacte Beobachtung zu Stande kommt, deren Ergebnisse dann auch für solche seelische Erscheinungen, die ihrer Natur nach eine directe experimentelle Beeinflussung nicht gestatten, fruchtbar sind. Glücklicherweise fügt es sich jedoch, dass gerade da, wo die experimentelle Methode versagt, andere Hülfsmittel von objectivem Werthe der Psychologie ihre Dienste zur Verfügung stellen. Diese Hülfsmittel bestehen in jenen Erzeugnissen des geistigen Gesammtlebens, in denen sich bestimmte psychologische Gesetze verkörpert haben. Zu ihnen gehören vornehmlich Sprache, Mythus und Sitte. Indem sie nicht nur von geschichtlichen Bedingungen, sondern auch von allgemeinen psychologischen Gesetzen bestimmt sind, bilden die auf die letzteren zurückzuführenden Erscheinungen den Gegenstand einer besonderen psychologischen Disciplin, der Völkerpsychologie, deren Ergebnisse aber zugleich für die allgemeine Psychologie der zusammengesetzten seelischen Vorgänge das hauptsächlichste Hülfsmittel abgeben. Auf diese Weise bilden die experimentelle Psychologie und die Völkerpsychologie die beiden Hauptzweige der wissenschaftlichen Psychologie. An sie schließen als ergänzende Gebiete die Thierpsychologie und die Psychologie des Kindes sich an, die zusammen mit der Völkerpsychologie die Aufgaben einer psychologischen Entwicklungsgeschichte zu lösen suchen. Auch auf diesen letzteren Gebieten wird man, so weit wie immer möglich, experimentelle Einwirkungen zu Hülfe nehmen, um mittelst ihrer die Ergebnisse der Beobachtung zu prüfen und zu ergänzen. Doch entbehrt hier das Experiment, da seine Wirkungen nur der objectiven Beobachtung zugänglich sind, der besonderen Bedeutung, die es in der experimentellen Psychologie als Hülfsmittel der Selbstbeobachtung besitzt.

Immerhin kann man wegen der Rolle, die auch in ihnen der experimentellen Methode zukommt, die Thierpsychologie und die Psychologie des Kindes im weiteren Sinne des Wortes der experimentellen Psychologie zuzählen. Die experimentelle Psychologie im engeren Sinne und die Psychologie des Kindes lassen sich dann als Individualpsychologie zusammenfassen, während die Völker- und die Thierpsychologie die beiden Theile einer generellen oder vergleichenden Psychologie bilden. Doch sind diese Unterscheidungen hier von geringerer Bedeutung als die analogen auf physiologischem Gebiete, da die Völkerpsychologie auch der Individualpsychologie überall da als Haupthülfsmittel dienen muss, wo die Untersuchung der zusammengesetzteren geistigen Vorgänge in Frage kommt, wogegen die Thierpsychologie und die Psychologie des Kindes vermöge der spärlichen Aufschlüsse, die sie für das Verständniss des seelischen Lebens überhaupt gewähren, von ungleich geringerer Bedeutung

sind, als die entsprechenden physiologischen Disciplinen der menschlichen und der vergleichenden Entwicklungsgeschichte.

Ein besonderer Theil der experimentellen Psychologie ist die Psychophysik. Als eine exacte Wissenschaft von den Beziehungen zwischen Leib und Seele sucht sie theils die Gesetze festzustellen, denen die Sinnesempfindungen in ihrem Verhältnisse zu den ihnen entsprechenden äußeren Sinnesreizen unterworfen sind, theils sonstige Wechselbeziehungen zwischen physischem und psychischem Leben auf experimentellem Wege zu erforschen.

Neben den erwähnten Gebieten der wissenschaftlichen Psychologie spielt noch in der Gegenwart unter dem Namen der empirischen Psychologie eine auf die bloße innere Wahrnehmung oder auf vermeintliche Selbstbeobachtungen gegründete Darstellung der Seelenlehre eine gewisse Rolle. Nun muss natürlich jede Behandlung der Psychologie, die heute noch Anspruch auf Beachtung erheben will, eine empirische sein; denn es ist schlechterdings nicht einzusehen, woher anders Aufschlüsse über das seelische Leben zu entnehmen sein sollten, als aus der Erfahrung. Doch die empirische Behandlung einer Wissenschaft ist verpflichtet, alle die Hülfsmittel der Erfahrung zu Rathe zu ziehen, die ihr der jeweilige Zustand der wissenschaftlichen Methodik an die Hand gibt. Eine empirische Physik, welche sich heute noch darauf beschränken wollte, die Naturerscheinungen unmittelbar so zu beobachten, wie sie ohne alle Hülfsmittel den Sinnen sich darbieten, würde nicht mehr den Namen einer Wissenschaft verdienen. In das nämliche Stadium ist aber die Psychologie getreten, mag sie auch noch so weit in der Lösung ihrer Aufgaben hinter den exacten Naturwissenschaften zurückstehen. Es gibt darum heute nur noch eine empirische Psychologie von wissenschaftlichem Charakter: das ist diejenige, die nach den objectiven Hülfsmitteln, die sie anwendet, in die experimentelle Psychologie und die Völkerpsychologie zerfällt. Die Psychologie der bloßen Selbstbeobachtung dagegen ist ein Ueberlebniss vergangener Zeiten.

KANT hat dereinst die Psychologie für unfähig erklärt, jemals zum Range einer exacten Naturwissenschaft sich zu erheben[1]. Die Gründe, die er dabei anführt, sind seither öfter wiederholt worden[2]. Erstens, meint KANT, könne die Psychologie nicht exacte Wissenschaft werden, weil Mathematik auf die Phänomene des inneren Sinnes nicht anwendbar sei, indem die reine innere

1) KANT, Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, Sämmtliche Werke, Ausg. von ROSENKRANZ, V, S. 310.
2) Vergl. besonders E. ZELLER, Abh. der Berliner Akad. 1881, Phil.-hist. Cl. Abh. III, Sitzungsber. derselben 1882 S. 295 ff., und hiezu meine Bemerkungen, Philosoph. Studien, I. S. 250, 463 ff.

Anschauung, in welcher die Seelenerscheinungen construirt werden sollen, die Zeit, nur Eine Dimension habe. Zweitens aber könne sie nicht einmal Experimentalwissenschaft werden, weil sich in ihr das Mannigfaltige der inneren Beobachtung nicht nach Willkür verändern, noch weniger ein anderes denkendes Subject sich unsern Versuchen, der Absicht angemessen, unterwerfen lasse, auch die Beobachtung an sich schon den Zustand des beobachteten Gegenstandes alterire. Der erste dieser Einwände ist irrthümlich, der zweite wenigstens einseitig. Es ist nämlich nicht richtig, dass das innere Geschehen nur Eine Dimension, die Zeit, hat. Wäre dies der Fall, so würde allerdings von einer mathematischen Darstellung desselben nicht die Rede sein können, weil eine solche immer mindestens zwei Veränderliche, die dem Größenbegriff subsumirbar sind, verlangt. Nun sind aber unsere Empfindungen, Vorstellungen, Gefühle intensive Größen, welche sich in der Zeit aneinander reihen. Das innere Geschehen hat also jedenfalls zwei Dimensionen, womit die allgemeine Möglichkeit dasselbe in mathematischer Form darzustellen gegeben ist. Ohne dies wäre auch das Unternehmen HERBART's, Mathematik auf Psychologie anzuwenden, von vorn herein kaum denkbar, ein Unternehmen, welchem daher, was man über seinen sonstigen Inhalt urtheilen möge, das Verdienst nicht bestritten werden kann, dass es die Möglichkeit einer Anwendung mathematischer Betrachtungen in diesem Gebiete deutlich in's Licht gesetzt hat[1]. Was KANT für seinen zweiten Einwand, dass sich nämlich die innere Erfahrung einer experimentellen Erforschung entziehe, beibringt, ist dem rein innerlichen Verlauf der Vorstellungen entnommen, für den sich in der That die Triftigkeit desselben nicht bestreiten lässt. Unsere Vorstellungen sind zunächst unbestimmte Größen, die einer exacten Betrachtung erst zugänglich werden, wenn sie auf bestimmte Maßeinheiten zurückgeführt sind, die sich zu anderen gegebenen Größen in feste causale Beziehungen bringen lassen. Als ein Hülfsmittel, solche Maßeinheiten und Beziehungen zu finden, erweist sich aber gerade die willkürliche experimentelle Beeinflussung des Bewusstseins durch äußere Einwirkungen. Diese Beeinflussung gewährt den Vortheil, dass sie es möglich macht, die psychischen Vorgänge willkürlich bestimmten Bedingungen zu unterwerfen, die sich entweder constant erhalten oder in genau zu beherrschender Weise variiren lassen. Wenn man daher gegen die experimentelle Psychologie eingewandt hat, sie wolle die Selbstbeobachtung verdrängen, ohne welche doch keine Psychologie möglich sei, so beruht dieser Vorwurf auf einem Irrthum. Die experimentelle Methode will nur jene vermeintliche Selbstbeobachtung beseitigen, die unmittelbar und ohne weitere Hülfsmittel zu einer exacten Feststellung psychischer Thatsachen glaubt gelangen zu können und dabei unvermeidlich den größten Selbsttäuschungen unterworfen ist. Im Unterschiede von einer solchen bloß auf ungenaue innere Wahrnehmungen sich stützenden subjectiven Methode will vielmehr das experimentelle Verfahren eine wirkliche Selbstbeobachtung ermöglichen, indem es das Bewusstsein unter genau controlirbare objective Bedingungen bringt. Uebrigens muss auch hier schließlich der Erfolg über den Werth der Methode entscheiden. Dass die subjective Methode keinen Erfolg aufzuweisen hat, ist gewiss, denn es gibt kaum eine thatsächliche Frage, über die nicht die Meinungen ihrer Vertreter weit aus-

1) HERBART, Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik. Ges. Werke, herausgeg. von HARTENSTEIN, Bd. V u. VI.

einandergehen. Ob und inwieweit sich die experimentelle Methode besserer Resultate erfreut, wird der Leser am Schlusse dieses Werkes beurtheilen können, wobei aber zugleich billiger Weise in Betracht gezogen werden muss, dass ihre Anwendung in der Psychologie erst wenige Jahrzehnte alt ist[1]).

Wir haben in der obigen Aufzählung der psychologischen Disciplinen mit Vorbedacht der sogenannten rationalen Psychologie keine Stelle angewiesen. Der Name derselben, der von Christian Wolff in die Wissenschaft eingeführt wurde, soll eine unabhängig von der Erfahrung, rein aus metaphysischen Begriffen zu gewinnende Erkenntniss des seelischen Lebens bezeichnen. Der Erfolg hat gezeigt, dass eine solche metaphysische Behandlung der Psychologie nur durch fortwährende Erschleichungen aus der Erfahrung ihr Dasein zu fristen vermag. Wolff selbst sah sich schon veranlasst, seiner rationalen eine empirische Psychologie an die Seite zu stellen, wobei freilich die erste ungefähr ebenso viel Erfahrung enthält wie die zweite, und diese ebenso viel Metaphysik wie die erste. Die ganze Unterscheidung beruht auf einer völligen Verkennung der wissenschaftlichen Stellung der Psychologie nicht nur, sondern auch der Philosophie. In Wahrheit ist die Psychologie ebenso gut eine Erfahrungswissenschaft wie die Physik oder Chemie; die Aufgabe der Philosophie aber kann es niemals sein, an die Stelle der Einzelwissenschaften zu treten, sondern sie hat überall erst die gesicherten Ergebnisse der letzteren zu ihrer Grundlage zu nehmen. So verhalten sich denn auch die Bearbeitungen der rationalen Psychologie zu dem wirklichen Fortschritt unserer Wissenschaft ungefähr ebenso wie die Naturphilosophie eines Schelling oder Hegel zur Entwicklung der neueren Naturwissenschaft[2]).

Diejenigen Bearbeitungen der Psychologie, die heute noch unter dem Titel einer empirischen umgehen, dabei aber sich grundsätzlich auf die angeblich reine Selbstbeobachtung beschränken, pflegen in der Regel eigenthümliche Mischproducte aus rationaler und empirischer Psychologie zu sein, sei es nun dass sich der rationale Theil auf einige metaphysische Erörterungen über das Wesen der Seele beschränkt, sei es dass gewisse Hypothesen metaphysischen Ursprungs für Ergebnisse der Selbstbeobachtung ausgegeben werden, wie in den meisten derartigen Darstellungen aus der Herbart'schen Schule. Mit Recht ist bemerkt worden, dass man auf die Nachweisung auch nur einer unzweifelhaften Thatsache von Seiten dieser ganzen auf angebliche Selbstbeobachtung gegründeten Psychologie vergeblich einen Preis setzen würde[3]). Trotzdem ist die Zuversicht unglaublich, mit der noch immer die Compendien der Herbart-schen Schule das Gedächtniss der Schüler, für die sie bestimmt sind, mit einem Gewebe völlig imaginärer Processe belasten. Selbstverständlich kann auch die experimentelle Psychologie nicht auf jede einzelne Frage experimentelle Methoden anwenden, aber es gibt doch heute schon schwerlich irgend ein Grundproblem, für das solches nicht der Fall wäre, und durch dessen Bearbeitung nun nicht auch für die dem Experiment direct unzugänglichen complicirteren Einzelfragen

---

1) Ueber die methodische Frage überhaupt vergl. meine Logik, II S. 482 ff., ferner den Aufsatz über die Aufgaben der experimentellen Psychologie in meinen Essays, Leipzig 1885. S. 127 ff., Selbstbeobachtung und innere Wahrnehmung. Philos. Stud. IV, S. 292 ff., Ueber Ziele und Wege der Völkerpsychologie, ebend. IV, S. 1 ff.

2) Vergl. hierzu den Aufsatz: Philosophie und Wissenschaft in meinen Essays, S. 1 ff., und: Ueber die Eintheilung der Wissenschaften, Philos. Stud. V, S. 1 ff.

3) F. A. Lange, Geschichte des Materialismus. 2. Aufl. II, S 383.

leitende Gesichtspunkte sich ergeben, die der inneren Wahrnehmung zur Richtschnur dienen können. Zudem liegt der Schwerpunkt der experimentellen Methode eben darin, dass sie erst eine zuverlässige Selbstbeobachtung möglich macht, dass sie daher das psychologische Auffassungsvermögen auch für solche Vorgänge schärft, die direct keiner äußeren Beeinflussung zugänglich sind. In dem Maße als sich die heutige Forschung dieser allgemeineren Bedeutung der experimentellen Methode bewusst geworden ist, hat sich daher auch der Begriff der experimentellen Psychologie über seine ursprünglichen Grenzen hinaus erweitert, indem wir nunmehr unter ihr nicht mehr bloß die direct dem Experiment zugänglichen Theile der Psychologie, sondern die gesammte Psychologie verstehen, insofern sie von der experimentellen Methode, da wo sie anwendbar ist direct, überall sonst aber indirect, durch die Anwendung der dort gewonnenen allgemeinen Ergebnisse und durch die Schärfung der inneren Wahrnehmung, Gebrauch macht. Gegenüber diesen Zielen der heutigen experimentell-psychologischen Forschung ist auch allein der Ausdruck »experimentelle Psychologie« der zutreffende, der Name der »physiologischen Psychologie« aber, der, wie oben angedeutet, in den besonderen geschichtlichen Vorbedingungen unserer Wissenschaft seinen Ursprung hat, ist ein einseitiger. Wenn ich denselben trotzdem auch jetzt noch für den Titel dieses Werkes beibehalten habe, so geschah dies, weil dasselbe mit Rücksicht auf die heute noch obwaltenden Verhältnisse theils ein engeres, theils aber auch ein weiteres Ziel sich steckt, als es einer eigentlichen experimentellen Psychologie zukommen würde. Ein engeres, indem die mit physiologischen Hülfsmitteln auszuführenden Untersuchungen eingehender als die übrigen berücksichtigt sind, ein weiteres, indem es die wichtigsten physiologischen Grundlagen des Seelenlebens erörtert.

Nur ein Missbrauch kann es, wie ich glaube, genannt werden, wenn in neuerer Zeit, zuerst in Frankreich, dann aber auch zuweilen in Deutschland, die Hypnotisirung und die mit ihr verbundene Suggestion als das einzige und wahre psychologische Experiment betrachtet, und wenn daher von dieser Seite die Begriffe Hypnotismus und experimentelle Psychologie im wesentlichen für identisch gehalten werden. Wenn man jede Einwirkung auf das Bewusstsein, die eine Veränderung desselben hervorbringt, ein psychologisches Experiment nennt, so ist natürlich in diesem weiteren Sinne auch das Hypnotisiren und das Suggeriren von Vorstellungen hierher zu rechnen, ähnlich wie die Herbeiführung einer Morphiumnarkose oder eine absichtliche Beeinflussung Träumender dazu gehört. Aber insofern der Hauptwerth des psychologischen Experimentes darin besteht, dass es eine exacte Selbstbeobachtung möglich macht, sind alle jene Beeinflussungen keine wahren psychologischen Experimente zu nennen; denn der Zustand des Hypnotisirten schließt, ebenso wie der des Schlafenden und Träumenden, im allgemeinen eine Selbstbeobachtung aus. Dem entspricht es denn auch, dass die Pflege des Hypnotismus bis jetzt für die wissenschaftliche Psychologie keinen nennenswerthen Ertrag gehabt, wohl aber dieselbe mit einer Menge abenteuerlicher und abergläubischer Hypothesen bereichert hat[1]).

---

1) Vergl. Hypnotismus und Suggestion. Phil. Stud. VIII. S. 1 und bes. S. 62 ff. Ueber den Hypnotismus im allgemeinen vergl. unten Cap. XIX.

2. Psychologische Vorbegriffe.

Der menschliche Geist vermag es nicht, Erfahrungen zu sammeln, ohne sie gleichzeitig mit seiner Speculation zu verweben. Das erste Resultat solchen natürlichen Nachdenkens ist das Begriffssystem der Sprache. In allen Gebieten menschlicher Erfahrung gibt es daher gewisse Begriffe, welche die Wissenschaft, ehe sie an ihr Geschäft geht, bereits vorfindet, als Ergebnisse jener ursprünglichen Reflexion, die in den Begriffssymbolen der Sprache ihre bleibenden Niederschläge zurückließ. So sind Wärme und Licht Begriffe aus dem Gebiete der äußeren Erfahrung, die unmittelbar aus der sinnlichen Empfindung hervorgingen. Die heutige Physik ordnet beide dem allgemeinen Begriff der Bewegung unter. Aber es wäre nicht möglich gewesen, dieses Ziel zu erreichen, ohne dass man die Begriffe des gemeinen Bewusstseins vorläufig angenommen und mit ihrer Untersuchung begonnen hätte. Nicht anders sind Seele, Geist, Vernunft, Verstand etc. Begriffe, welche vor jeder wissenschaftlichen Psychologie existirten. In der Thatsache, dass das natürliche Bewusstsein überall die innere Erfahrung als eine gesonderte Erkenntnissquelle darstellt, kann daher die Psychologie einstweilen ein hinreichendes Zeugniss ihrer Berechtigung als Wissenschaft erblicken, und indem sie dies thut, adoptirt sie zugleich den Begriff S e e l e, um eben damit das ganze Gebiet der innern Erfahrung zu umgrenzen. Seele heißt uns demnach das Subject, dem wir alle einzelnen Thatsachen der innern Beobachtung als Prädicate beilegen. Jenes Subject selbst ist überhaupt nur durch seine Prädicate bestimmt, die Beziehung der letzteren auf eine gemeinsame Grundlage soll nichts weiter als ihren gegenseitigen Zusammenhang ausdrücken. Hiermit scheiden wir sogleich eine Bedeutung aus, die das natürliche Sprachbewusstsein immer mit dem Begriff Seele verbindet. Ihm ist die Seele nicht bloß ein Subject im logischen Sinne, sondern eine S u b s t a n z, ein reales Wesen, als dessen Aeußerungen oder Handlungen die sogenannten Seelenthätigkeiten aufgefasst werden. Hierin liegt aber eine metaphysische Voraussetzung, zu der die Psychologie möglicher Weise am Schlusse ihrer Arbeit geführt werden kann, die sie jedoch unmöglich schon vor dem Eintritt in dieselbe ungeprüft annehmen darf. Auch gilt von dieser Annahme nicht, was von der Unterscheidung der innern Erfahrung überhaupt gesagt wurde, dass sie nämlich nothwendig sei, um die Untersuchung in Fluss zu bringen. Die Symbole, welche die Sprache zur Bezeichnung gewisser Gruppen von Erfahrungen geschaffen hat, tragen noch heute die Kennzeichen an sich, dass sie ursprünglich nicht bloß im allgemeinen abgesonderte Wesen, Substanzen, sondern dass sie selbst p e r s ö n l i c h e Wesen bedeutet haben.

Die unvertilgbarste Spur solcher Personification der Substanzen ist in dem Genus zurückgeblieben. Der Verstand hat diese phantasievolle Beziehung der Begriffssymbole allmählich abgeschliffen. Theils hat die Personification der Substanzen, theils sogar die Substantialisirung der Begriffe ein Ende genommen. Aber wer wollte deshalb auf den Gebrauch der Begriffe selber und auf ihre Bezeichnung Verzicht leisten? Wir reden von Ehre, Tugend, Vernunft, ohne irgend einen dieser Begriffe in eine Substanz übersetzt zu denken. Aus metaphysischen Substanzen sind sie zu logischen Subjecten geworden. So betrachten wir denn auch die Seele vorläufig lediglich als logisches Subject der innern Erfahrung, eine Auffassung, die das unmittelbare Resultat der von der Sprache geübten Begriffsbildung ist, gereinigt jedoch von jenen Zusätzen einer unreifen Metaphysik, welche überall das natürliche Bewusstsein in die von ihm geschaffenen Begriffe hineinträgt.

Ein ähnliches Verfahren wird in Bezug auf diejenigen Begriffe befolgt werden müssen, die wir theils für besondere Beziehungen der inneren Erfahrung, theils für einzelne Gebiete derselben vorfinden. So stellt die Sprache zunächst der Seele den Geist gegenüber. Beide sind Wechselbegriffe für eins und dasselbe, denen im Gebiet der äußeren Erfahrung Leib und Körper entsprechen. Körper ist jeder Gegenstand der äußeren Erfahrung, wie er sich unmittelbar unsern Sinnen darbietet, ohne Beziehung auf ein ihm zukommendes inneres Sein; Leib ist der Körper, wenn er mit dieser Beziehung auf ein inneres Sein gedacht wird. Aehnlich heißt Geist das innere Sein, wenn dabei keinerlei Zusammenhang mit einem äußeren Sein in Rücksicht fällt, wogegen bei der Seele, namentlich wenn sie dem Geiste gegenübergestellt wird, gerade die Verbindung mit einer leiblichen, der äußeren Erfahrung gegebenen Existenz vorausgesetzt ist.

Während Seele und Geist das Ganze der inneren Erfahrung umfassen, werden durch die sogenannten Seelenvermögen die einzelnen Gebiete der letzteren bezeichnet, wie sie in der Selbstbeobachtung unmittelbar von einander sich abgrenzen. In den Begriffen Sinnlichkeit, Gefühl, Verstand, Vernunft u. s. w. trägt uns also die Sprache eine Classification der unserer inneren Wahrnehmung gegebenen Vorgänge entgegen, die wir, an diese Ausdrücke gebunden, im Ganzen kaum antasten können. Wohl aber ist die genaue Definition dieser Begriffe und ihre Einfügung in eine systematische Ordnung durchaus Sache der Wissenschaft. Wahrscheinlich haben die Seelenvermögen ursprünglich nicht bloß verschiedene Theile des inneren Erfahrungsgebietes, sondern ebenso viele verschiedene Wesen bezeichnet, über deren Verhältniss zu jenem Gesammtwesen, das man Seele oder Geist nannte, sich wohl keine bestimmte Vorstellung bildete. Aber die

Substantialisirung dieser Begriffe liegt so weit zurück in den Fernen mythologischer Naturanschauung, dass es einer Warnung vor der voreiligen Aufstellung metaphysischer Substanzen hier nicht erst bedarf. Trotzdem hat eine Nachwirkung der mythologischen Auffassung bis in die neuere Wissenschaft sich vererbt. Sie besteht darin, dass den genannten Begriffen noch eine Spur des mythologischen Kraftbegriffs anhaftet; sie werden nicht bloß als Classenbezeichnungen für bestimmte Gebiete der inneren Erfahrung angesehen, was sie in der That sind, sondern man hält sie vielfach für Kräfte, durch welche die einzelnen Erscheinungen hervorgebracht werden. Der Verstand gilt für die Kraft, durch welche wir Wahrheiten einsehen, das Gedächtniss für die Kraft, welche Vorstellungen zu künftigem Gebrauche aufbewahrt u. s. w. Der unregelmäßige Eintritt dieser Kräftewirkungen hat aber auf der anderen Seite gegen den Namen einer eigentlichen Kraft Bedenken erregt, und so ist der Ausdruck Seelenvermögen entstanden. Denn unter einem Vermögen versteht man dem Wortsinne nach eine solche Kraft, die nicht nothwendig und unabänderlich wirken muss, sondern die nur wirken kann. Der Ursprung aus dem mythologischen Kraftbegriff fällt hier unmittelbar in die Augen. Das Urbild für das Wirken einer derartigen Kraft ist offenbar das menschliche Handeln. Die ursprüngliche Bedeutung des Vermögens ist die eines handelnden Wesens. So liegt schon in der ersten Bildung der psychologischen Begriffe der Keim zu jener Vermengung von Classification und Erklärung, welche einen gewöhnlichen Fehler der empirischen Psychologie bildet. Die allgemeine Bemerkung, dass die Seelenvermögen Classenbegriffe sind, welche der beschreibenden Psychologie zugehören, enthebt uns der Nothwendigkeit, ihnen schon hier ihre Bedeutung anzuweisen. In der That ließe sich eine Naturlehre der innern Erfahrung denken, in der von Sinnlichkeit, Verstand, Vernunft, Gedächtniss gar nicht die Rede wäre. Denn unmittelbar in unserer inneren Wahrnehmung gibt es nur einzelne Vorstellungen, Gefühle, Triebe u. s. w., und für die Erklärung dieser einzelnen Thatsachen ist durch ihre Subsumtion unter gewisse Allgemeinbegriffe schlechterdings nichts geleistet.

Nachdem man die Unbrauchbarkeit der Vermögensbegriffe gegenwärtig fast allgemein anerkannt hat, ist aber gleichwohl eine Nachwirkung dieser Auffassung noch weit verbreitet. Sie besteht darin, dass man statt der allgemeinen Classenbegriffe die einzelnen Thatsachen, die ihnen dereinst subsumirt wurden, für isolirt existirende selbständige Erscheinungen hält. Nach dieser Auffassung gibt es zwar kein besonderes Vorstellungs-, Gefühls- oder Willensvermögen; aber die einzelne Vorstellung, die einzelne Gefühlsregung und der einzelne Willensact gelten als selbständige Processe, die sich beliebig miteinander verbinden oder voneinander trennen

können. Da nun die innere Wahrnehmung alle diese angeblich selbständigen Vorgänge als durchgängig miteinander verbunden und voneinander bestimmt zeigt, so ist nicht zu verkennen, dass man sich hier einer ähnlichen, nur den concreten Erscheinungen etwas mehr genäherten Umwandlung von Abstractionsproducten in reale Dinge schuldig macht, wie sie der älteren Vermögenslehre eigen war. Eine isolirte, von den Vorgängen des Fühlens und Wollens trennbare Vorstellung gibt es im Grunde ebenso wenig, wie es einen Verstand als isolirte seelische Kraft gibt. So unerlässlich daher jene Unterscheidungen sind, so dürfen wir doch bei ihnen niemals vergessen, dass sie auf Abstractionen beruhen, denen keine reale Trennung von Gegenständen gegenübersteht, sondern die objectiv nur als untrennbare Elemente zusammengehöriger Vorgänge aufgefasst werden können.

Der obigen Betrachtung mögen hier noch einige kritische Bemerkungen über die Wechselbegriffe Seele und Geist, sowie über die Lehre von den Seelenvermögen sich anschließen.

Von der Seele trennt unsere Sprache den Geist als einen zweiten Substanzbegriff, dessen unterscheidendes Merkmal darin gesehen wird, dass er nicht, wie die Seele, durch die Sinne nothwendig an ein leibliches Dasein gebunden erscheint, sondern entweder mit einem solchen in bloß äußerer Verbindung steht oder sogar völlig von demselben befreit ist. Der Begriff des Geistes wird daher in einer doppelten Bedeutung gebraucht: einmal für die Grundlage derjenigen inneren Erfahrungen, von denen man annimmt, dass sie von der Thätigkeit der Sinne unabhängig seien; sodann um solche Wesen zu bezeichnen, denen überhaupt gar kein leibliches Sein zukommen soll. Die Psychologie hat sich natürlich mit dem Begriff nur in seiner ersten Bedeutung zu beschäftigen, übrigens ist unmittelbar einleuchtend, dass diese zur zweiten fast von selbst führen müsste, da nicht einzusehen ist, warum der Geist nicht auch als völlig ungetrennte Substanz vorkommen sollte, wenn seine Verbindung mit dem Leibe nur eine äußerliche, gewissermaßen zufällige wäre.

Das philosophische Nachdenken konnte das Verhältniss von Seele und Geist nicht in der Unbestimmtheit belassen, mit welcher sich das gemeine Bewusstsein zufrieden gab. Sind Seele und Geist verschiedene Wesen, ist die Seele ein Theil des Geistes oder dieser ein Theil der Seele? Der älteren Speculation merkt man deutlich die Verlegenheit an, welche sie dieser Frage gegenüber empfindet. Einerseits wird sie durch den Zusammenhang der inneren Erfahrungen dazu getrieben, eine einzige Substanz als Grund derselben zu setzen, andererseits scheint ihr aber auch eine Trennung der in der sinnlichen Vorstellung befangenen und der abstracteren geistigen Thätigkeiten unerlässlich zu sein. So bleibt neben dem großen Dualismus zwischen Geist und Körper der beschränktere zwischen Geist und Seele bestehen, ohne dass es der alten Philosophie gelungen wäre, denselben vollständig zu beseitigen, ob sie nun mit Plato die Substantialität der Seele aufzuheben versucht, indem sie die Seele als eine Mischung von Geist und Körper auffasst[1]), oder ob sie mit Aristoteles

[1] Timäus 35.

durch Uebertragung des von der Seele abstrahirten Begriffes auf den Geist an Stelle der Einheit der Substanz eine übereinstimmende Form der Definition setzt [1]). Die neuere spiritualistische Philosophie ist im allgemeinen mehr den Spuren PLATO's gefolgt, hat aber entschiedener als er die Einheit der Substanz für Geist und Seele festgehalten. So kam es, dass überhaupt die scharfe Unterscheidung der Begriffe aus der wissenschaftlichen Sprache verschwand. Wenn je noch ein Unterschied gemacht wurde, so nahm man entweder mit WOLFF den Geist als den allgemeinen Begriff, unter dem die individuelle Seele enthalten sei [2]), oder man vermengte den Geist mit den unten zu erwähnenden Seelenvermögen, indem man ihn als eine Generalbezeichnung bald für die sogenannten höheren Seelenvermögen, bald für das Erkenntnissvermögen beibehielt; im letzteren Fall wurde dann häufig in neuerer Zeit das Fühlen und Begehren im Gemüth zusammengefasst und demnach die ganze Seele in Geist und Gemüth gesondert, ohne dass man jedoch unter beiden besondere Substanzen verstanden hätte. Bisweilen wurde auch wohl zwischen den Begriffen Geist und Seele ein bloßer Gradunterschied angenommen und so dem Menschen ein Geist, den Thieren aber nur eine Seele zugesprochen. So verliert diese Unterscheidung immer mehr an Bestimmtheit, während zugleich der Begriff des Geistes seine substantielle Eigenschaft einbüßt. Wollen wir diesem hiernach eine Bedeutung anweisen, welche der weiteren Untersuchung nicht vorgreift, so lässt sich dieselbe nur dahin feststellen, dass der Geist gleichfalls das Subject der inneren Erfahrung bezeichnet, dass aber in ihm abstrahirt ist von den Beziehungen dieses Subjectes zu einem leiblichen Wesen. Die Seele ist das Subject der inneren Erfahrung mit den Bedingungen, die diese durch ihre Gebundenheit an ein äußeres Dasein mit sich führt; der Geist ist das nämliche Subject ohne Rücksicht auf diese Gebundenheit. Hiernach werden wir immer nur dann vom Geist und von geistigen Erscheinungen reden, wenn wir auf diejenigen Momente der inneren Erfahrung, durch welche dieselbe von unserer sinnlichen, d. h. der äußeren Erfahrung zugänglichen Existenz abhängig ist, kein Gewicht legen. Diese Definition lässt es vollkommen dahingestellt, ob dem Geistigen jene Unabhängigkeit von der Sinnlichkeit wirklich zukommt. Denn man kann von einer oder mehreren Seiten einer Erscheinung absehen, ohne darum zu leugnen, dass diese Seiten vorhanden sind.

Es ist längst das Bestreben der Philosophen gewesen, die Seelenvermögen, welche die Sprache unterscheidet, wie Empfindung, Gefühl, Verstand, Vernunft, Begierde, Einbildungskraft, Gedächtniss u. s w. auf einige allgemeinere Formen zurückzuführen. Schon im Platonischen Timäus findet sich eine Dreitheilung der Seele angedeutet, die der Unterscheidung des Erkenntniss-, Gefühls- und Begehrungsvermögens entspricht. Dieser Dreitheilung geht aber eine Zweitheilung in niederes und höheres Seelenvermögen parallel, wovon das erstere, die Sinnlichkeit, als der sterbliche Seelentheil, zugleich Begierde und Gefühl umfasst, während das zweite, die unsterbliche Vernunft, mit der Erkenntniss sich deckt. Das Gefühl oder der Affect gilt hierbei ebenso als ver-

1) Die Aristotelische Definition der Seele im allgemeinen als »erste Entelechie eines der Möglichkeit nach lebenden Körpers« gilt nämlich auch für den von der Sinnlichkeit unabhängigen Geist, den νοῦς ποιητικός, der aber, weil er die Wirklichkeit der Seele selbst sei, abtrennbar von dem Körper gedacht werden könne, was bei den übrigen Theilen der Seele nicht der Fall ist. De anim. II, 1 am Schlusse.

2) Psychologia rationalis, § 643 ff.

mittelnde Stufe zwischen Begehren und Vernunft, wie die wahre Vorstellung zwischen den sinnlichen Schein und die Erkenntniss sich einschiebt. Aber während die Empfindung ausdrücklich mit der Begierde auf den nämlichen Theil der Seele bezogen wird[1], scheinen das vermittelnde Denken (die διάνοια) und der Affect nur in analoge Beziehungen zur Vernunft gesetzt zu werden. Es machen demnach diese Classificationsversuche den Eindruck, als wenn Plato seine beiden Eintheilungsprincipien, von denen dem einen die Beobachtung eines fundamentalen Unterschiedes zwischen den Phänomenen des Erkennens, Fühlens und Begehrens, dem andern die Wahrnehmung einer Stufenfolge im Erkenntnissprocess zu Grunde lag, unabhängig neben einander gebildet und erst nachträglich den Versuch gemacht habe, das eine auf das andere zurückzuführen, was ihm aber nur unvollständig gelang. Bei Aristoteles sondert sich die Seele, da er sie als das Princip des Lebens auffasst, nach der Stufenfolge der vornehmlichsten Lebenserscheinungen in Ernährung, Empfindung und Denkkraft. Zwar führt er gelegentlich noch andere Seelenvermögen an; doch ist deutlich, dass er jene drei als die allgemeinsten betrachtet, indem er insbesondere auch das Begehren der Empfindung unterordnet[2]. Hatte Plato bei seiner Dreitheilung die Eigenschaften der Seele nach ihrem ethischen Werth gemessen, so gewann Aristoteles die seinige, conform seinem Begriff von der Seele, aus den Hauptclassen der lebenden Wesen: ernährend ist die Seele der Pflanze, ernährend und empfindend die thierische, ernährend, empfindend und denkend die menschliche. Eben diese in der Beobachtung der verschiedenartigen Wesen gegebene Trennbarkeit der drei Vermögen war wohl die ursprüngliche Veranlassung der Classification. Mag aber auch der Ausgangspunkt derselben ein abweichender sein, so fällt sie doch offenbar, sobald wir von der Unterscheidung der Ernährung als einer besonderen Seelenkraft absehen, mit der Platonischen Zweitheilung in Sinnlichkeit und Vernunft zusammen und kann also ebenso wenig wie irgend einer der späteren Versuche als ein wirklich neues System betrachtet werden.

Unter den Neueren hat der einflussreichste psychologische Systematiker, Wolff, wieder die beiden Platonischen Eintheilungen nebeneinander benutzt, dabei aber das Gefühls- dem Begehrungsvermögen untergeordnet. Hierdurch schreitet sein ganzes System in einer Zweitheilung fort. Er sondert zunächst Erkennen und Begehren und trennt sodann jedes derselben in einen niederen und einen höheren Theil. Die weitere Eintheilung erhellt aus der folgenden Uebersichtstafel.

I. Erkenntnissvermögen.	II. Begehrungsvermögen.
1. Niederes Erkenntnissvermögen.	1. Niederes Begehrungsvermögen.
Sinn. Einbildungskraft. Dichtungsvermögen. Gedächtniss (Vergessen und Erinnern).	Lust und Unlust, Sinnliche Begierde und sinnlicher Abscheu. Affecte.
2. Höheres Erkenntnissvermögen.	2. Höheres Begehrungsvermögen.
Aufmerksamkeit und Reflexion. Verstand.	Wollen und Nichtwollen. Freiheit.

1) Timäus 77.
2) De anim. II, 2, 3.

Ein wesentlicher Fortschritt dieses Systems, das in der LEIBNIZ'schen Unterscheidung des Vorstellens und Strebens als der Grundkräfte der Monaden seine nächste Grundlage hat, lag darin, dass es das Gefühls- uud Begehrungsvermögen nicht auf den Affect und das sinnliche Begehren beschränkte, sondern ihm denselben Umfang wie der Erkenntniss gab, so dass von einem ethischen Werthunterschied nicht mehr die Rede war. Dagegen ist ersichtlich, dass bei der Unterscheidung der in den vier Hauptclassen aufgeführten einzelnen Vermögen kein systematisches Princip maßgebend ist, sondern dass dieselben rein empirisch an einander gereiht sind. In der WOLFF'schen Schule wurde diese Eintheilung mannigfach modificirt. Namentlich wurden bald Erkenntniss und Gefühl als die beiden Hauptvermögen bezeichnet, bald wurde das Fühlen dem Erkennen und Begehren als drittes und mittleres hinzugefügt. Die letztere Classification ist es, die KANT adoptirt hat. WOLFF wird schon in der empirischen Seelenlehre von dem Bestreben geleitet, die verschiedenen Vermögen aus einer einzigen Grundkraft, der vorstellenden abzuleiten, und seine rationale Psychologie ist zu einem großen Theil jener Aufgabe gewidmet. KANT missbilligte solche Versuche, gegebene Unterschiede um eines bloßen Strebens nach Einheit willen verwischen zu wollen. Dennoch ragt auch bei ihm die Erkenntniss in den Bereich der beiden andern Seelenkräfte hinüber, da jeder derselben ein besonderes Vermögen in der Sphäre des Erkennens entspricht. Indem er aber die ursprüngliche Verschiedenartigkeit des Erkennens, Fühlens und Begehrens behauptet, erstreckt sich nach ihm nur insofern das Erkenntnissvermögen über die andern, als es gesetzgeberisch auch für sie auftritt; denn es erzeugt sowohl die Naturbegriffe wie den Freiheitsbegriff, der den Grund zu den praktischen Vorschriften des Willens enthält, außerdem die zwischen beiden stehenden Zweckmäßigkeits- und Geschmacksurtheile. Demnach sagt KANT von dem Verstand im engeren Sinne, er sei gesetzgeberisch für das Erkenntnissvermögen, die Vernunft für das Begehrungsvermögen, die Urtheilskraft für das Gefühl[1]. Verstand, Urtheilskraft und Vernunft werden dann aber auch zusammen als Verstand im weiteren Sinne bezeichnet[2]. Anderseits adoptirt KANT zwar die Unterscheidung eines unteren und oberen Erkenntnissvermögens, von denen das erstere die Sinnlichkeit, das zweite den Verstand umfasst; aber er verwirft die Annahme eines bloßen Gradunterschiedes beider. Die Sinnlichkeit ist ihm vielmehr die receptive, der Verstand die active Seite der Erkenntniss[3]. In seinem kritischen Hauptwerk ist daher die Sinnlichkeit dem Verstande gegenübergestellt: dieser für sich vermittelt die reinen, in Verbindung mit der Sinnlichkeit die empirischen Begriffe[4].

In dieser ganzen Entwicklung sind offenbar hauptsächlich drei Momente auseinander zu halten: erstens die Unterscheidung der drei Seelenvermögen, zweitens die Dreigliederung des oberen Erkenntnissvermögens, und drittens die Beziehung, in welche das letztere zu den drei Hauptvermögen gebracht wird. Das erste stammt im wesentlichen aus der WOLFF'schen Psychologie, die beiden andern sind KANT eigenthümlich. Die frühere Philosophie hatte im allgemeinen als Vernunft (λόγος) jene Thätigkeit des Geistes bezeichnet, welche durch Schließen

---

1) Kritik der Urtheilskraft S. 14 ff. Ausg. von ROSENKRANZ IV.
2) Anthropologie S. 100 u. 104. Werke, VII, 2.
3) Anthropologie S. 28.
4) Kritik der reinen Vernunft S. 31, 55.

(ratiocinatio) über die Gründe der Dinge Rechenschaft gebe. Dabei wurde aber bald im Sinne des Neuplatonismus die Vernunft dem Verstande (νοῦς, intellectus) untergeordnet, da dieser ein unmittelbares Wissen enthalte, während die Thätigkeit des Schließens eine Vermittelung mit der Sinnenwelt bedeute, bald wurde sie, da sie die Einsicht in die letzten Gründe der Dinge bewirke, dem Verstande übergeordnet, bald endlich als eine besondere Form der Bethätigung des Verstandes betrachtet. Für alle drei Auffassungen finden sich Beispiele in der scholastischen Philosophie. Diese verschiedene Werthschätzung der Vernunft hat aber darin ihre Ursache, dass man das Wort ratio in doppeltem Sinne gebraucht: einmal für den Begriff des Grundes zu einer gegebenen Folge einzelner Wahrheiten, und sodann für die Fähigkeit der ratiocinatio, des Folgerns der Einzelwahrheiten aus ihren Gründen. Zunächst wurde nun die ratio in der letztgenannten Bedeutung, als Schlussvermögen, dann aber auch im ersteren Sinne, als ein Vermögen der Einsicht in die Gründe der Dinge, zu den Seelenvermögen gerechnet. Wurde vorwiegend auf die letztere Bedeutung Werth gelegt, so erschien dann die Vernunft geradezu als Organ der religiösen und moralischen Wahrheiten oder als ein metaphysisches Vermögen im Unterschied vom Verstande, dessen Begriffe immer auf die Erfahrungen des äußeren oder innern Sinnes beschränkt blieben. In jenem doppeldeutigen Sinne wurde die Vernunft als das Vermögen definirt, durch welches wir den Zusammenhang der allgemeinen Wahrheiten einsehen[1]). Indem KANT von der ersten der erwähnten Auffassungen ausging, welche den Verstand als das Vermögen der Begriffe, die Vernunft als das Schlussvermögen betrachtete, mochte es ihm um so näher liegen, den hierin angebahnten Versuch einer Gliederung des oberen Erkenntnissvermögens nach Anleitung der Logik vollends durchzuführen, als ihm Aehnliches bereits in der Ableitung der Kategorien geglückt war. Da zwischen Begriff und Schluss das Urtheil steht, so nahm er also zwischen Verstand und Vernunft als mittleres Vermögen die Urtheilskraft an. Nun hatte er aber in seinem kritischen Hauptwerk die beiden Seiten des Vernunftbegriffes in eine tiefere Beziehung zu bringen gesucht, indem er darauf hinwies, dass die Vernunft, wie sie in dem Schlusse ein Urtheil unter seine allgemeine Regel subsumire, so auch diese Regel wieder unter eine höhere Bedingung unterordnen müsse, bis sie endlich bei der Idee eines Unbedingten angelangt sei. Diese Idee des Unbedingten in ihren verschiedenen Formen, als Seele, Welt und Gott, blieb so das specifische Eigenthum der Vernunft im engeren Sinne des Wortes, während alle Begriffe und Grundsätze a priori, aus denen die Vernunft als Schlussvermögen einzelne Urtheile ableitet, ausschließliches Eigenthum des Verstandes wurden. So geräth die Vernunft bei KANT in eine eigenthümliche Doppelstellung: als Schlussvermögen ist sie die Dienerin des Verstandes, welche die von letzterem aufgestellten Begriffe und Grundsätze anzuwenden hat; als Vermögen transcendenter Ideen ist sie weit über dem Verstande erhaben, der, nur dem empirischen Zusammenhang der Erscheinungen zugekehrt, der Vernunftidee höchstens als einem regulativen Princip folgen soll, welches ihm die Richtung nach einer Zusammenfassung der Erscheinungen in ein absolutes Ganze vorschreibe, von welcher der Verstand selbst keinen Begriff besitze. In dieser regulativen Bedeutung der Vernunftideen besteht aber zugleich ihr praktischer Werth. Denn auch das Sittengesetz ist nach KANT

---

1) WOLFF, Psychologia empirica, § 483.

nicht constitutiv, sondern regulativ: es sagt nicht, wie wir wirklich handeln, sondern wie wir handeln sollen, und es beweist so durch die imperative Form, in der es Gehorsam fordert, zugleich die Wahrheit der Idee der unbedingten Freiheit des Willens [1]). Wie der Verstand für das Erkennen, so ist demnach die Vernunft gesetzgebend für das Begehrungsvermögen. Für das zwischen Erkennen und Begehren stehende Gefühl bleibt dann nur die in ähnlicher Weise zwischen dem Begriffs- und Schlussvermögen stehende Urtheilskraft übrig [2]). Hieraus erhellt, wie sehr diese Beziehung der drei Grundkräfte der Seele auf die drei in der formalen Logik zum Ausdruck kommenden Bethätigungen der Erkenntnisskraft das Product eines künstlichen Schematisirens nach Anleitung logischer Formen ist. Dieser Intellectualismus hat auch auf die Auffassung der Seelenvermögen seine Rückwirkung geübt, da Kant seine drei Hauptvermögen nur in ihren höheren Aeußerungen berücksichtigt. Wenn es schon zweifelhaft ist, ob das erste Vermögen in der Gesammtheit seiner Erscheinungen passend unter dem Namen der Erkenntniss zusammengefasst werde, so ist augenscheinlich die Beschränkung des Lust- und Unlustgefühls auf das ästhetische Geschmacksurtheil und die Beziehung des Begehrungsvermögens auf das Ideal des Guten nicht geeignet, einer psychologischen Betrachtung zum Ausgangspunkte zu dienen.

Gegen die Form, welche die Theorie der Seelenvermögen vorzugsweise bei Wolff und Kant angenommen, hat Herbart seine Kritik gerichtet. Der wesentliche Inhalt derselben lässt sich in die folgenden zwei Haupteinwände zusammenfassen: Die Seelenvermögen sind erstens bloße Möglichkeiten, welche dem Thatbestand der inneren Erfahrung nichts hinzufügen. Nur die einzelnen Thatsachen der letzteren, die einzelne Vorstellung, das einzelne Gefühl u. s. w., kommen der Seele wirklich zu. Eine Sinnlichkeit vor der Empfindung, ein Gedächtniss vor dem Vorrath, den es aufbewahrt, gibt es nicht; jene Möglichkeitsbegriffe können daher auch nicht gebraucht werden, um die Thatsachen aus ihnen abzuleiten [3]). Die Seelenvermögen sind zweitens Gattungsbegriffe, welche durch vorläufige Abstraction aus der innern Erfahrung gewonnen sind, dann aber zur Erklärung dessen verwandt werden, was in uns vorgeht, indem man sie zu Grundkräften der Seele erhebt [4]). Beide Einwände erstrecken sich scheinbar über ihr nächstes Ziel hinaus, denn sie treffen Methoden wissenschaftlicher Erklärung, welche fast in allen Naturwissenschaften Anwendung gefunden haben. Auch die physikalischen Kräfte existiren nicht an und für sich, sondern nur in den Erscheinungen, die wir als ihre Wirkungen bezeichnen; vollends die physiologischen Vermögen, Ernährung, Contractilität, Sensibilität u. s. w., sind nichts als »leere Möglichkeiten«. Ebenso sind Schwere, Wärme, Assimilation, Reproduction u. s. w. Gattungsbegriffe, abstrahirt aus einer gewissen Zahl übereinstimmender Erscheinungen, die in ähnlicher Weise wie die Gattungsbegriffe der innern Erfahrung in Kräfte oder Vermögen umgewandelt worden sind, welche nun zur Erklärung der Erscheinungen selber dienen sollen. Wenn wir Empfinden, Denken u. s. w. Aeußerungen der Seele nennen, so scheint in der That der Satz, die Seele besitze das Vermögen zu empfinden, zu denken u. s. w., der unmittelbare Ausdruck einer Begriffsbildung, die wir

1) Kritik der prakt. Vernunft S. 106. Werke, VIII.
2) Kritik der Urtheilskraft, S. 15.
3) Herbart, Werke, VII, S. 611.
4) Herbart, Werke, V, S. 214.

überall da vollziehen, wo ein Gegenstand Wirkungen zeigt, für die wir in ihm selbst Ursachen voraussetzen müssen. Gegen diese Anwendung des Kraftbegriffs im allgemeinen hat nun auch HERBART nichts einzuwenden. Aber er unterscheidet von der Kraft das Vermögen. Kraft setze man überall voraus, wo man den Erfolg als unausbleiblich unter gegebenen Bedingungen ansehe. Von einem Vermögen rede man dann, wenn ein Erfolg beliebig eintreten oder auch ausbleiben könne[1]).

Gegen diese Unterscheidung hat man geltend gemacht, dass sie sich auf einen Begriff des Vermögens stütze, welcher der unwissenschaftlichsten Form der psychologischen Vermögenstheorie entnommen sei[2]). Dennoch muss zugegeben werden, dass jener Unterschied der Bezeichnung nicht bedeutungslos ist. Der Begriff der Kraft hat durch die Entwicklung der neuern Naturwissenschaft die Bedeutung eines Beziehungsbegriffs erhalten, der überall auf wechselseitig sich bestimmende Bedingungen zurückführt, und der in sich zusammenfällt, sobald man die eine Seite der Bedingungen hinwegnimmt, aus deren Zusammenwirken die Aeußerung der Kraft hervorgeht. Ein richtig gebildeter Kraftbegriff ist es also z. B., wenn alles Streben zur Bewegung, das auf der Beziehung der Körper zu einander beruht, aus einer Gravitationskraft abgeleitet wird, durch welche die Körper wechselseitig ihre Lage im Raume bestimmen. Ein voreiliger Kraftbegriff aber ist es, wenn man die Fallerscheinungen auf eine jedem Körper an und für sich innewohnende Fallkraft zurückführt. Sobald man in dieser Weise die in einem gegebenen Object vorhandenen Bedingungen gewisser Erscheinungen in eine dem Object zukommende Kraft umwandelt, ohne sich auch nach den äußern Bedingungen umzusehen, so fehlt es offenbar an jedem Maßstabe, um zu entscheiden, ob eine Verschiedenheit der Wirkungen desselben Objects von einer Verschiedenheit der in ihm vorhandenen oder aber der äußeren Bedingungen herrühre. Es wird daher bald Getrenntes vereinigt, bald — und dies ist der häufigere Fall — Zusammengehöriges geschieden. So sind manche der Kräfte, welche die ältere Physiologie unterschied, Zeugungs-, Wachsthums-, Bildungskraft u. s. w., ohne Zweifel nur Aeußerungen der nämlichen Kräfte unter verschiedenen Verhältnissen, und in Bezug auf die letzten Specificationen, zu denen die Lehre von den Seelenvermögen geführt hat, z. B. die Unterscheidung von Wort-, Zahl-, Raumgedächtniss u. dgl., wird das nämliche wohl allgemein zugestanden. Aehnlich erklärte die ältere Physik die Erscheinungen der Schwere aus mehreren Kräften: den Fall aus einer Fallkraft, die Barometerleere aus dem »horror vacui«, die Planetenbewegungen aus unsichtbaren Armen der Sonne oder Wirbeln. Indem von den äußeren Bedingungen der Erscheinungen abstrahirt wird, entsteht außerdem leicht jener falsche Begriff eines Vermögens, das auf die Gelegenheit seines Wirkens wartet: die Kraft wird zu einem mythologischen Wesen verkörpert. Der Psychologie würde also Unrecht geschehen, wenn man bloß sie dieser Verirrung anklagte. Aber sie hat vor den physikalischen Naturwissenschaften das eine voraus, dass diese ihr vorgearbeitet haben, indem durch dieselben jene allgemeinen Begriffe, die der äußern und innern Erfahrung gemeinsam angehören, von den Fehlern früherer Entwicklungsstufen des Denkens gereinigt sind. Dieser Vortheil schließt zugleich die Verpflichtung in sich von ihm Gebrauch zu machen.

---

1) Werke, VII, S. 610.
2) J. B. MEYER, Kant's Psychologie, S. 116.

Mit der Einsicht in die Unhaltbarkeit der Vermögenstheorie verband sich bei HERBART schon die Ueberzeugung, dass die psychischen Processe als einheitliche Vorgänge aufzufassen seien. Aber er glaubte diesem Einheitsbedürfniss dadurch entsprechen zu können, dass er unter allen jenen Abstractionserzeugnissen der gewöhnlichen Psychologie eines bevorzugte, die Vorstellung, die er allein als den eigentlichen Inhalt der Seele betrachtete, und der er sogar, nachdem sie einmal entstanden, eine unvergängliche Existenz zuschrieb, während alle andern Elemente, wie Gefühle, Affecte, Triebe, bloß aus den momentanen Wechselwirkungen der Vorstellungen hervorgehen sollten. Die Grundlagen dieser Anschauung sind, wie wir später sehen werden, durchaus hypothetisch, und sie scheitern in ihren Folgerungen überall an dem Widerspruch mit der exacten Analyse der Erfahrung[1]. Uebrigens sieht man deutlich, wie diese Auflösung aller seelischen Vorgänge in Vorstellungsprocesse von dem Intellectualismus der vorangegangenen Psychologie immer noch beherrscht ist. Gleichwohl ist HERBART darin auf dem richtigen Wege, dass er jene zersplitternde Auffassung der psychischen Processe zu vermeiden sucht, in der sich der Fehler der alten Vermögenstheorie in einer abgeschwächten Gestalt wiederholt. Aber er schlägt, um diesem Fehler zu entgehen, selbst einen falschen Weg ein. Nicht darin besteht der Irrthum jener Auffassung, dass sie Unwirkliches mit dem Wirklichen vermengt, sondern darin, dass sie die Erzeugnisse unserer unterscheidenden Abstraction an die Stelle der Wirklichkeit setzt[2].

1) Vergl. Bd. II. Cap. XVII.
2) Vergl. hierzu den Aufsatz über Gefühl und Vorstellung in meinen Essays, S. 199 ff.

Erster Abschnitt.

Von den körperlichen Grundlagen des Seelenlebens.

Erstes Capitel.

Organische Entwicklung der psychischen Functionen.

1. Merkmale und Grenzen des psychischen Lebens.

Die psychischen Functionen bilden einen Bestandtheil der Lebenserscheinungen. Sie kommen niemals zu unserer Beobachtung, ohne von den Verrichtungen der Ernährung und Reproduction begleitet zu sein. Dagegen können diese allgemeinen Lebenserscheinungen uns entgegentreten, ohne dass an den Substraten derselben zugleich diejenigen Eigenschaften bemerkt werden, die wir als seelische zu bezeichnen pflegen. Die nächste Frage, die sich einer Untersuchung der körperlichen Grundlagen des Psychischen entgegenstellt, lautet daher: welche Merkmale müssen an einem belebten Naturkörper gegeben sein, um psychische Functionen bei ihm annehmen zu können?

Schon diese erste Frage der physiologischen Psychologie ist von ungewöhnlichen Schwierigkeiten umgeben. Die entscheidenden Merkmale des Psychischen sind subjectiver Natur: sie sind uns nur aus dem Inhalt unseres eigenen Bewusstseins bekannt. Hier aber werden objective Kennzeichen verlangt, aus denen wir auf ein unserm Bewusstsein irgendwie ähnliches inneres Sein zurückschließen sollen. Solche objective Kennzeichen können immer nur in gewissen körperlichen Bewegungen bestehen, die auf psychische Vorgänge hinweisen, aus denen sie entsprungen sind. Wann aber sind wir berechtigt, die Bewegungen eines Wesens auf solche zurückzuführen? Wie unsicher die Beantwortung dieser Frage ist, namentlich wenn in dieselbe metaphysische Vorurtheile sich einmengen

dies zeigt deutlich die Thatsache, dass auf der einen Seite der Hylozoismus geneigt ist, jede Bewegung, selbst die des fallenden Steins, als eine psychische Action anzusehen, und dass auf der anderen Seite der Spiritualismus eines DESCARTES alle seelischen Lebensäußerungen auf die willkürlichen Bewegungen des Menschen beschränken wollte. Während die erste dieser Ansichten sich jeder Prüfung entzieht, ist von der zweiten nur dies e i n e richtig, dass unsere eigenen psychischen Lebensäußerungen stets den Maßstab abgeben müssen, nach welchem wir die ähnlichen Leistungen anderer Wesen beurtheilen. Darum werden wir auch die psychischen Functionen nicht zuerst bei ihren unvollkommensten Aeußerungen in der organischen Natur aufsuchen dürfen, sondern wir werden umgekehrt vom Menschen an abwärts gehen müssen, um die Grenze zu finden, wo das psychische Leben beginnt.

Durchaus nicht alle körperlichen Bewegungen, die in unserm Nervensystem ihre Quelle haben, besitzen nun den Charakter psychischer Leistungen. Wie die normalen Bewegungen des Herzens, der Athmungsmuskeln, der Blutgefäße und Eingeweide in den meisten Fällen sich vollziehen, ohne von irgend einer Veränderung unseres Bewusstseins begleitet zu sein, so finden wir auch, dass die Muskeln der äußeren Ortsbewegung vielfach ohne unser Wissen und Wollen in einer bloß maschinenmäßigen Weise auf Reize reagiren. Derartige Bewegungsvorgänge als psychische Functionen aufzufassen, würde an sich ebenso willkürlich sein, als dem fallenden Stein Empfindung zuzuschreiben. Wenn wir aber alle diejenigen Bewegungen ausschließen, die ohne Betheiligung unseres Bewusstseins von statten gehen, so bleiben als einzige, die den unzweifelhaften Charakter psychischer Lebensäußerungen immer besitzen, die ä u ß e r e n W i l l e n s h a n d l u n g e n übrig. Das uns unmittelbar gegebene subjective Kennzeichen der äußern Willenshandlung besteht darin, dass ihr Gefühle und Vorstellungen vorangehen, die uns als die Ursache der Bewegung erscheinen. Auch objectiv betrachten wir daher eine Bewegung dann als eine vom Willen abhängige, wenn sie auf ähnliche Vorgänge als ihre Bedingungen hindeutet.

Die praktischen Schwierigkeiten, welche der Diagnose des Psychischen im Wege stehen, sind aber mit der Feststellung dieses Merkmals noch keineswegs beseitigt. Nicht in allen Fällen lässt sich ein rein mechanischer Reflex oder bei den niedersten Wesen selbst eine Bewegung aus äußeren physikalischen Ursachen, wie z. B. die Imbibition quellungsfähiger Körper, die Volumänderung durch Temperaturschwankungen, mit Sicherheit von einer Willenshandlung unterscheiden. Namentlich kommt hier in Betracht, dass es zwar Kennzeichen gibt, welche mit voller Gewissheit die Existenz einer Willenshandlung verrathen, dass aber beim Mangel dieser Kennzeichen nicht immer mit Gewissheit auf das Fehlen solcher Handlungen,

noch weniger also auf das Fehlen psychischer Functionen überhaupt geschlossen werden darf. Unsere Untersuchung kann hier immer nur diejenige untere Grenze bestimmen, bei der das psychische Leben nachweisbar wird; ob es nicht in Wirklichkeit schon auf einer früheren Stufe beginnt, bleibt Gegenstand bloßer Muthmaßung.

Das objective Merkmal äußerer Willenshandlungen, welches namentlich bei längerer Beobachtung kaum täuschen kann, ist nun die Beziehung der Bewegung zu den allverbreiteten thierischen Trieben, dem Nahrungs- und Geschlechtstrieb. Zu Ortsbewegungen, die den Charakter von Willenshandlungen an sich tragen, können diese Triebe nur mit Hülfe der Sinnesempfindung führen. Die unter solchen Umständen sichergestellten Triebbewegungen, namentlich das Streben nach Nahrung, beweisen daher in der unzweideutigsten Weise die Existenz eines Bewusstseins. Dass nun in diesem Sinne vom Menschen herab bis zu den Protozoen das Bewusstsein ein allgemeines Besitzthum lebender Wesen ist, kann nicht zweifelhaft sein. Auf den niedersten Stufen dieser Entwicklungsreihe werden freilich die Vorgänge des Bewusstseins äußerst eng begrenzt und der Wille durch die allverbreiteten organischen Triebe immer nur in einfachster Weise bestimmt sein. Gleichwohl sind die Lebensäußerungen schon der niedersten Protozoen nur unter der Voraussetzung erklärlich, dass ihnen ein Bewusstsein zu Grunde liegt, welches allein in dem Grade seiner Entwicklung von unserm eigenen verschieden ist.

Schwieriger ist nun aber die Frage, ob die psychischen Lebensäußerungen auf jener Sprosse der organischen Stufenleiter, wo wir äußere Willenshandlungen wahrnehmen, wirklich erst beginnen, oder ob die Anfänge derselben nicht noch weiter zurückzuverlegen sind. Ueberall, wo sich lebendes Protoplasma vorfindet, zeigt dasselbe die Eigenschaft der Contractilität: es vollführt theils auf äußere Reize, theils ohne sichtbare Einwirkung von außen Bewegungen, die mit den Willenshandlungen der niedersten Protozoen die größte Aehnlichkeit besitzen, und die sich nicht aus äußeren physikalischen Einflüssen, sondern nur aus Kräften erklären lassen, welche in der contractilen Substanz selbst ihren Sitz haben. Derartige Bewegungen, die stets in dem Moment erlöschen, wo die Substanz abstirbt, zeigt sowohl der protoplasmatische Inhalt der jugendlichen Pflanzenzellen wie das im Pflanzen- und Thierreich vorkommende freie Protoplasma; ja es ist wahrscheinlich, dass alle Elementarorganismen, mögen sie nun selbständig existiren oder in einen zusammengesetzten Organismus eingehen, mindestens während einer gewissen Entwicklungszeit die Eigenschaft der Contractilität besitzen. So zeigen die Lymphkörper, die im Blute und in der Lymphe der Thiere, außerdem im Eiter und als wandernde Elemente in den Geweben vorkommen, Gestaltänderungen, die

sich nach ihrer äußeren Beschaffenheit von den Bewegungen niederster, ihnen außerdem manchmal in der Leibesform durchaus gleichender Protozoen nicht unterscheiden lassen (Fig. 1). Nur der Willenscharakter dieser Bewegungen lässt sich nicht nachweisen. Zwar hat man, namentlich an den farblosen Blutzellen wirbelloser Thiere, eine Aufnahme fester Stoffe beobachtet, welche sich als Nahrungsaufnahme ansehen lässt[1]). Doch fehlt hier, ebenso wie bei den mit der Ausübung von Verdauungsfunctionen verbundenen Reizbewegungen gewisser Pflanzen, jede bestimmte Hindeutung darauf, dass ein von Empfindungen bestimmter Trieb zu den Nahrungsstoffen stattfinde, oder dass überhaupt zwischen dem Reiz und der Bewegung irgend ein psychologisches Zwischenglied gelegen sei[2]). Aehnlich verhält es sich mit den durch wechselnde Vertheilung von Wasser und Kohlensäure, sowie durch veränderliche Lichtbestrahlung herbeigeführten Bewegungen niederer Algen, Pilze und Schwärmsporen. Insbesondere auf die Bewegungen gewisser Bakterien besitzen die Athmungsgase und das Licht einen so plötzlichen Einfluss, dass jene Bewegungen unmittelbar den Eindruck hervorrufen, als seien sie durch Athmungs- und Lichtempfindungen hervorgerufen. Freilich bleibt auch hier die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass es sich um bloß physikalische Effecte handelt, wie solche bei den durch die Veränderungen des Feuchtigkeitsgrades der Umgebung hervorgerufenen Bewegungen unzweifelhaft anzunehmen sind[3]).



Fig. 1. Lymphkörper. *a—k* Gestaltänderungen der lebenden Zellen; *l* die abgestorbene Zelle.

Immerhin ist bei der Beurtheilung aller dieser Erscheinungen zu beachten, dass mit der Nachweisung physikalischer Bedingungen, aus denen die Erscheinungen der Contraction des Protoplasmas und der Bewegung von Elementarorganismen abgeleitet werden können, die Annahme begleitender psychischer Vorgänge keineswegs unvereinbar ist. Auch die Vorgänge in unserm eigenen Nervensystem sucht die Physiologie aus allgemeineren physikalischen Kräften abzuleiten: die Thatsachen unseres Bewusstseins bleiben davon unberührt. Erkenntnisslehre und Naturphilo-

1) Haeckel, Monographie der Radiolarien. Berlin 1862. S. 104.
2) Darwin, Insektenfressende Pflanzen. A. d. Engl. von J. V. Carus. Stuttgart 1876. Besonders Cap. X, 208 ff.
3) Th. W. Engelmann, Pflüger's Archiv f. Physiol. XXVI S. 537, XXIX, S. 415. XXX, S. 95. E. Stahl, Botanische Zeitung, XVIII, 1880.

sophie verbieten uns, physische Lebensäußerungen anzunehmen, welche nicht auf allgemeingültige physikalische Bedingungen zurückführbar wären, und die Physiologie, indem sie nach diesem Grundsatze handelt, hat denselben, sobald es ihr gelungen ist, bis zur Lösung ihrer Aufgaben vorzudringen, noch immer bestätigt gefunden. Demnach kann niemals aus der physikalischen Natur der Bewegungen, sondern immer erst aus den sie begleitenden, auf eine psychologische Verwerthung der Sinneseindrücke hinweisenden näheren Bedingungen auf die Existenz psychischer Functionen geschlossen werden. Wohl aber lehrt die Beobachtung, dass die chemischen und physiologischen Eigenschaften des lebenden Protoplasmas, ob wir nun psychische Lebensäußerungen an ihm nachweisen können oder nicht, im wesentlichen gleicher Art sind. Insbesondere gilt dies auch von der Contractilität und Reizbarkeit desselben. Nimmt man nun zu dieser nach der physischen Seite vollständigen Uebereinstimmung noch hinzu, dass keineswegs eine fest bestimmte Grenze sich aufzeigen lässt, bei der die Bewegungen des Protoplasmas zuerst einen psychologischen Charakter gewinnen, sondern dass von dem eingeschlossenen Protoplasma der Pflanzenzellen an durch die wandernden Lymphkörper der Thiere, die selbständigen Moneren und Rhizopoden bis zu den rascher beweglichen, mit Wimperkleid und Mundöffnung versehenen Infusorien ein allmählicher und, wie es fast scheint, stetiger Uebergang sich vollzieht, so lässt sich die Vermuthung nicht zurückweisen, dass die Fähigkeit zu psychischen Lebensäußerungen allgemein vorgebildet sei in der contractilen Substanz.

Die Annahme, dass die Anfänge des psychischen Lebens ebenso weit zurückreichen wie die Anfänge des Lebens überhaupt, muss daher vom Standpunkte der Beobachtung aus als eine durchaus wahrscheinliche bezeichnet werden. Die Frage nach dem Ursprung der geistigen Entwicklung fällt so mit der Frage nach dem Ursprung des Lebens zusammen. Kann ferner die Physiologie vermöge der durchgängigen Wechselwirkung der physischen Kräfte von der Voraussetzung nicht Umgang nehmen, dass die Lebensäußerungen in den allgemeinen Eigenschaften der Materie ihre letzte Grundlage finden, so wird die Psychologie mit dem nämlichen Rechte dem allgemeinen Substrat unserer äußeren Erkenntniss ein inneres Sein zuschreiben, welches bei der Entstehung der Lebenserscheinungen in der psychischen Seite derselben zur Aeußerung gelangt. Bei dieser letzten Voraussetzung darf aber niemals vergessen werden, dass jenes latente Leben der leblosen Materie weder, wie es von dem Hylozoismus geschieht, mit dem actuellen Leben und Bewusstsein verwechselt, noch, wie es von dem Materialismus geschieht, als eine Function der Materie betrachtet werden darf. Der erstere fehlt, weil er die Lebenserscheinungen da vor-

aussetzt, wo nicht sie selbst uns gegeben sind, sondern nur die allgem Grundlage, welche sie möglich macht; der letztere irrt, weil er eine seitige Abhängigkeit annimmt, wo nur eine Beziehung gleichzeitiger, u einander aber völlig unvergleichbarer Vorgänge stattfindet. Mit dem griff der materiellen Substanz bezeichnen wir die Grundlage aller äuße Erfahrung. Demgemäß hat dieser Begriff die Bestimmung, das physis Geschehen, darunter auch die physischen Lebenserscheinungen, begreifl zu machen. Insofern uns aber unter den letzteren zugleich solche wegungen entgegentreten, die auf ein Bewusstsein hindeuten, können die Voraussetzungen über die Materie immer nur den physischen Z sammenhang jener Bewegungen begreiflich machen, niemals die begleite den psychischen Functionen, auf die wir aus unserer eigenen inner Wahrnehmung erst zurückschließen. Sollte daher der Begriff der Mate in dem Sinne umgestaltet werden, dass er die Möglichkeit des physisch und des psychischen Geschehens gleichzeitig in sich enthielte, so wür er sich damit von selbst zu einem allgemeineren Substanzbegriff erweiter Es ist klar, dass die Frage nach der Zulässigkeit einer solchen Erweit rung von der empirischen Psychologie erst am Schlusse ihrer Untersuchu gen beantwortet werden kann. Bis dahin werden wir an der unmittelb durch die Erfahrung geforderten Voraussetzung festhalten müssen, das das psychische Geschehen regelmäßig von bestimmten physi schen Erscheinungen begleitet ist, und dass zwischen diese inneren und äußeren Lebensvorgängen durchgängig gesetz mäßige Beziehungen stattfinden.

2. Differenzirung der psychischen Functionen und ihrer Substrate.

Die organische Zelle in den Anfängen ihrer Entwicklung stellt entweder eine hüllenlose, in allen ihren Theilen contractile Protoplasmamasse dar, oder sie enthält bewegliches Protoplasma innerhalb einer festeren und bewegungslosen Begrenzungshaut. In diesen Formen treten uns zugleich die niedersten selbständigen Organismen entgegen, an denen wir Bewegungsvorgänge wahrnehmen, die auf psychische Bedingungen hinweisen (Fig. 2). Die Substrate dieser elementaren psychischen Functionen erscheinen hier noch vollkommen ungetrennt und zugleich über die ganze Leibesmasse verbreitet. Der einzige Sinn, der deutlich functionirt, ist der Tastsinn: die Eindrücke, die auf irgend einen Theil des contractilen Protoplasmas stattfinden, lösen zunächst an der unmittelbar berührten Stelle eine Bewegung aus, die sich dann in zweckmäßiger Coordination über den ganzen Körper verbreiten kann.

Eine erste Scheidung der psychischen Functionen vollzieht sich schon bei jenen Protozoen, bei denen sich aus der Umhüllungsschichte der contractilen Leibessubstanz besondere Bewegungsapparate, Cilien und Ruderfüße, entwickelt haben (Fig. 3). Nicht selten geht diese Entwicklung Hand in Hand mit der Differenzirung der Ernährungsfunctionen, mit der Ausbildung einer Nahrungsöffnung und Verdauungshöhle, zu denen häufig noch ein offenes Canalsystem hinzukommt, in welchem durch eine

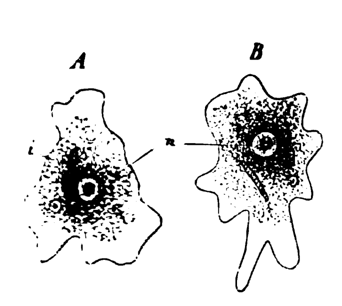


Fig. 2. Eine Amöbe in zwei verschiedenen Momenten ihrer Bewegung. *n* Kern. *i* aufgenommene Nahrung.

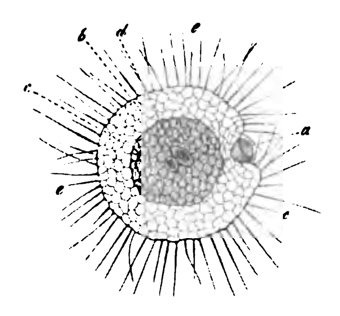


Fig. 3. Actinosphärium. *a* ein aufgenommener Bissen, welcher in die weiche Leibesmasse eingedrückt wird. *b* Corticalschichte des Körpers. *c* centrales Parenchym. *d* Nahrungsballen in dem letztern. *e* Wimpern der Corticalschichte.

contractile Blase die Saftbewegung unterhalten wird. Die Wimpern, welche diesen Infusorien eine ungleich raschere Beweglichkeit verleihen, als sie den bloß aus zähflüssiger Leibesmasse bestehenden niedersten Formen der Moneren und Rhizopoden zukommt, functioniren sichtlich zugleich als Tastorgane, und, wie es scheint, sind sie außerdem gegen Licht empfindlich. Auch der bei manchen Infusorien vorkommende rothe Pigmentfleck steht möglicher Weise zur Lichtunterscheidung in Beziehung; doch ist seine Deutung als primitives Sehorgan immerhin unsicher.

Eine eingreifendere Scheidung der Functionen und ihrer Substrate vollzieht sich bei den zusammengesetzten Organismen. Indem der Keim derselben in eine Mehrheit von Zellen sich spaltet, erscheinen diese ursprünglich noch gleichartig und zeigen demnach auch nicht selten in übereinstimmender Weise die primitive Contractilität des Protoplasmas. Aber indem diese Zellen nun weiterhin nach Stoff und Form sich verändern, und indem aus ihnen selbst und aus ihren Wachsthumsproducten die Gewebe des Pflanzen- und Thierkörpers hervorgehen, scheiden sie sich zugleich immer vollständiger in Bezug auf ihre Function. Ueber den Bedingungen, welche diesem die gesammte organische Natur umfassenden

Process der Differenzirung zu Grunde liegen, schwebt noch ein Dunkel. Wir sind hier ganz und gar beschränkt auf die Kenntniss der äußern Formumwandlungen, in denen jene Entwicklung ihren Ausdruck findet.

In der Pflanze gelangen augenscheinlich die nutritiven Functionen zu einer so mächtigen Ausbildung, dass namentlich die höhern Pflanzen ausschließlich in der Vermehrung und Neubildung organischer Substanz aufgehen. Im Thierreich dagegen besteht der Entwicklungsprocess vorwiegend in der successiv erfolgenden Scheidung der animalen von den vegetativen Functionen und in einer daran sich anschließenden Differenzirung jeder dieser Hauptrichtungen in ihre einzelnen Gebiete. Die ursprünglich gleichartige Zellenmasse des Dotters sondert sich zuerst in eine peripherische und in eine centrale Schichte von abweichender Formbeschaffenheit (Fig. 4 und 5). Dann erweitert sich der Dotterraum zur künftigen Leibeshöhle, und es bildet sich entweder bleibend oder vorübergehend (während eines



Fig. 4. Der Eidotter im letzten Stadium der Dotterfurchung.

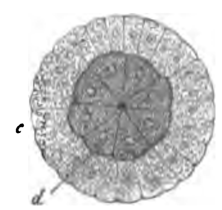


Fig. 5. Sonderung der aus der Dotterfurchung hervorgegangenen Zellenmasse in einen peripherischen und centralen Theil (*c* und *d*).

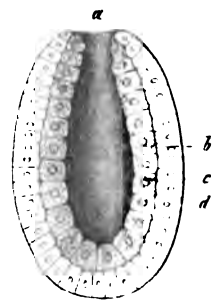


Fig. 6. Erste Differenzirung des Organismus (sogenannte Gastrulaform). *a* Mundöffnung. *b* Darmhöhle. *c* Entoderm. *d* Ektoderm.

Larvenzustandes, welcher der vollständigeren Differenzirung der Körperorgane vorangeht) eine Nahrungsöffnung, durch welche die Leibeshöhle mit der Außenwelt in Verbindung steht (Fig. 6). In diesem Stadium scheinen Empfindung und Bewegung ausschließlich an die äußere Zellenschichte, das Ektoderm, die nutritiven Functionen an die innere, das Entoderm, gebunden zu sein. Auf einer weiteren Entwicklungsstufe bildet sich dann noch zwischen beiden eine weitere Schichte von Zellen aus, das Mesoderm, dessen Herkunft aus den beiden ersteren noch nicht vollkommen aufgeklärt ist, wie denn auch darüber noch Streit besteht, ob das bei der ersten Differenzirung des Keimes entstandene Lageverhältniss der einzelnen Schichten bei allen Thieren ein bleibendes und übereinstimmendes sei. Indessen verräth sich darin jedenfalls ein gleichartiger Entwicklungsprocess, dass von den Coelenteraten an bis herauf zu

den Wirbelthieren mit der Trennung in drei Keimschichten die Differenzirung der Organe beginnt[1]). Die äußere dieser Schichten wird zur Grundlage des Nervensystems und der Sinnesorgane, die innere liefert die Ernährungsapparate, die mittlere das Gefäßsystem. Die Muskulatur (mit ihr bei den Wirbelthieren das Skelet) scheint ebenfalls aus dem Ektoderm hervorzugehen (Fig. 7)[2]).

Mit dieser Scheidung der Organe differenziren sich zugleich die ihnen angehörenden Gewebselemente. Nachdem die Scheidung in Ektoderm und

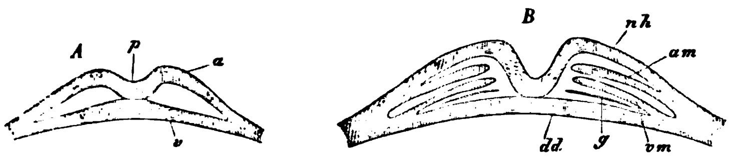


Fig. 7. Erste Sonderung der Embryonalanlage des Wirbelthierkörpers in schematischen Durchschnitten. *a* Animales Blatt (Ektoderm), *v* vegetatives Blatt (Entoderm). *nh* Nerven- und Hornblatt. *am* Animale, *vm* vegetative Muskelplatte. *dd* Darmdrüsenblatt. *g* Gefäßblatt. *p* Primitivrinne und Axenstrang (Primitivstreif).

Entoderm eingetreten ist, finden sich zunächst in den Zellen des ersteren noch die Functionen der Empfindung und Bewegung vereinigt. Als eine beginnende Scheidung dieser Hauptfunctionen hat man es wohl anzusehen, wenn, wie es bei den Hydren und Medusen geschieht, die Zellen des Ektoderm nach innen contractile Fortsätze entsenden, so dass die sensorische und motorische Function noch in je einer Zelle vereinigt bleiben, aber sich auf verschiedene Gebiete derselben vertheilen (Fig. 8)[3]). Indem nun die Eigenschaften der Empfindung und der Contractilität an besondere und auch räumlich von einander entfernt liegende Zellen übergehen, entwickeln sich außerdem verbindende Fasern, die den functionellen Zusammenhang jener Gebilde vermitteln. Gleichzeitig aber entsteht eine dritte Gattung von Zellen, welche, in die Verbindungswege

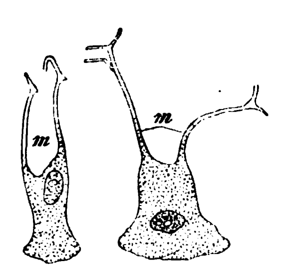


Fig. 8. Neuromuskelzellen von Hydra, nach KLEINENBERG. (Epithelmuskelzellen, HERTWIG.) *m* Muskelfortsätze.

---

1) Nur bei den niedersten Coelenteraten, den Spongien, beschränkt sich nach HAECKEL die Differenzirung des Keimes auf die Bildung der zwei ursprünglichen Keimschichten, das Ekto- und Entoderm. S. HAECKEL, Die Kalkschwämme. Berlin 1872, I. S. 469.

2) Ueber die mannigfachen Streitpunkte, die in der Lehre von der Bildung der Keimschichten noch ungeschlichtet sind, vgl. KÖLLIKER, Entwicklungsgeschichte. 2. Aufl. Leipzig 1879. S. 98 ff.

3) KLEINENBERG, Hydra, eine anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung. Leipzig 1872, S. 21 ff. O. und R. HERTWIG, Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. Leipzig 1878, S. 157.

zwischen den Sinnes- und Muskelzellen eingeschaltet, die Function von Organen der Aufnahme und Uebertragung der Reize übernehmen. Die Sinneszellen werden nun zu äußeren Hülfsorganen, welche lediglich zur Aufnahme der physikalischen Reizvorgänge bestimmt sind und damit zugleich eine Differenzirung erfahren, die sie für die Erregung durch verschiedene Formen äußerer Bewegungsvorgänge geeignet macht. Ebenso werden die contractilen Zellen zu Hülfsorganen, welche die auf sie übertragenen Erregungen aufnehmen und in äußere Bewegungen umsetzen. Zu den Mittelpunkten der psychischen Functionen werden aber die Zellen dritter Art, die Nervenzellen, erhoben, die durch das zwischen ihnen und den Sinnes- und Muskelzellen verlaufende System der Nervenfasern den Zusammenhang jener Functionen vermitteln. Auf diese Weise bietet sich uns als einfachstes Schema eines Nervensystems die Verbindung einer central gelegenen Nervenzelle mit einer Sinneszelle auf der einen und einer contractilen Muskelzelle auf der andern Seite dar, welche, beide der Außenwelt zugekehrt, die Aufnahme von Sinneseindrücken und die motorische Reaction auf dieselben vermitteln.

Aber dieses einfachste Schema ist ohne Zweifel nirgends verwirklicht. Sobald es einmal zur Ausbildung besonderer Nervenzellen kommt, treten dieselben sofort in vielfacher Zahl auf, hinter und neben einander zu Reihen verbunden, so dass nun zahlreiche dieser Zellen erst durch die Vermittelung anderer mit den Außengebilden in Verbindung stehen. Von den Nervenzellen erster Ordnung, die wieder nach ihrem Zusammenhang mit Sinnesepithelien oder mit Muskelzellen in sensorische und motorische zerfallen, scheiden sich zunächst als Nervenzellen zweiter Ordnung diejenigen, die wahrscheinlich theils sensorische mit sensorischen, theils motorische mit motorischen, theils sensorische mit motorischen Nervenzellen verbinden können. Nothwendig ergreift mit dieser Vermehrung der centralen Elemente der Process der Differenzirung die Nervenzellen selbst. Sie gewinnen verschiedene Function je nach den Verbindungen, in die sie unter einander und mit den peripherischen Organen gebracht sind. Jene, die den Endorganen näher liegen, werden zu psychischen Hülfsfunctionen verwendet, die ohne Betheiligung des Bewusstseins, also in rein mechanischer Weise von statten gehen. Andere treten in nächste Beziehung zu den nutritiven Verrichtungen: sie unterhalten und reguliren die physiologischen Vorgänge der Secretion und der Blutbewegung; damit treten sie aus dem unmittelbaren Connex der körperlichen Grundlagen des Seelenlebens, um nur noch in mittelbarer Weise, durch die mannigfachen Wechselwirkungen zwischen den nutritiven und den psychischen Functionen, auf die letzteren einen gewissen Einfluss zu gewinnen. Diese fortschreitende Differenzirung der Functionen und ihrer Substrate

innerhalb des Nervensystems findet ihren Ausdruck in der relativen Massezunahme und in der reicheren Entwicklung der nervösen Centralorgane. Bereits bei vielen der Wirbellosen, wie bei den höheren Mollusken und den Arthropoden, namentlich aber in der Classe der Wirbelthiere, tritt die dominirende Bedeutung des centralen Nervensystems schon in der frühesten Zeit der Entwicklung hervor. Unmittelbar nach der Trennung der Bildungsmassen in die zwei Schichten der Keimanlage bildet sich inmitten des Ektoderms eine nach oben offene Rinne, in deren Tiefe ein dunkler Streif, der Primitivstreif, die Körperaxe des künftigen Organismus bezeichnet (Fig. 7 und 9). Jene Rinne schließt sich später zum Rückenmark, und die vorderste, bald rascher wachsende Abtheilung derselben ist die Anlage, aus der sich das Gehirn entwickelt. Hiermit beginnen diejenigen Differenzirungen der Functionen und ihrer Substrate, deren Untersuchung die Aufgabe der folgenden Capitel sein wird. Wir werden dabei ausgehen von einer allgemeinen Betrachtung der Elemente dieser Substrate. Daran wird sich anschließen eine übersichtliche Darstellung der Formentwicklung der Nervencentren, welche der nächste Ausdruck der Differenzirung ihrer Functionen ist. Hiermit sind die Grundlagen gewonnen für die schwierige Untersuchung der Verbindungen der Elementartheile oder des Verlaufs der nervösen Leitungsbahnen innerhalb der Centralorgane. In diesen Verbindungen massenhafter Systeme von Nervenzellen unter einander und mit peripherischen Endapparaten sind endlich die Bedingungen enthalten für das Verständniss der physiologischen Function der Centraltheile. Nachdem wir so die in der Structur und Function des Nervensystems gegebenen körperlichen Grundlagen des Seelenlebens erörtert haben, wird sich schließlich die Frage nach der allgemeinen Natur und den Bedingungen der im Nervensystem wirksamen Kräfte erheben; diese letzte Frage versucht die physiologische Mechanik der Nervensubstanz zu beantworten.

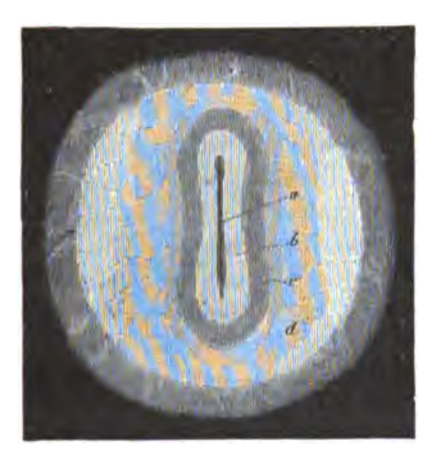


Fig. 9. Fruchthof des Kaninchens mit der Embryonalanlage. *a* Primitivrinne mit dem Primitivstreif in der Tiefe. *b* Embryonalanlage. *c* Innerer leyerförmiger Theil des Fruchthofs. *d* Außerer kreisrunder Theil desselben.

Zweites Capitel.

Bauelemente des Nervensystems.

1. Formelemente.

In die Zusammensetzung des Nervensystems gehen dreierlei Formelemente ein : erstens Zellen von eigenthümlicher Form und Structur, die Nervenzellen oder Ganglienzellen, zweitens faserige oder röhrenförmige Gebilde, welche als Fortsätze dieser Zellen entstehen, die Nervenfasern oder Nervenröhren, und drittens eine theils feinkörnige, theils fibrilläre Substanz, Punktsubstanz genannt, die aus feinsten Verzweigungen von Nervenfasern und von Ausläufern der Nervenzellen besteht. Dazu kommt eine dem Bindegewebe zugerechnete Zwischensubstanz von theils faseriger, theils formloser Beschaffenheit, die Neuroglia. Die Nervenzellen mit der sie umgebenden fibrillären Punktsubstanz machen einen wesentlichen Bestandtheil aller Centraltheile aus. In den höheren Nervencentren sind sie aber auf bestimmte Gebiete beschränkt, die theils durch ihren größeren Reichthum an Blutcapillaren, theils durch Pigmentkörnchen, die sowohl im Protoplasma der Zellen wie in der Punktsubstanz angehäuft sind, eine dunklere Färbung besitzen. Durch die Begrenzung dieser grauen Substanz gegen die weiße oder Marksubstanz lassen sich daher leicht mit freiem Auge die zellenführenden Theile der Centralorgane erkennen. Die faserigen Elemente erstrecken sich theils als Fortsetzungen der peripherischen Nerven in die Centralorgane hinein, theils verbinden sie innerhalb dieser verschiedene Gebiete mit einander. Von solchen verbindenden Fasern ist namentlich auch die Punktsubstanz durchsetzt. Die Nervenfaser ist somit durch das ganze Nervensystem verbreitet, während die Nervenzelle auf einzelne Orte beschränkt bleibt. Beiderlei Elemente sind aber überall eingebettet in eine Kittsubstanz. Diese bildet als weiche, größtentheils formlose Masse, Neuroglia, den Träger der centralen Zellen und Fasern. Als ein festeres, sehnenähnlich gefasertes Gewebe durchzieht und umhüllt sie die peripherischen Nerven in der Form des sogenannten Neurilemma; als eine glasartig durchsichtige, sehr elastische Haut, welche nur an einzelnen Stellen Zellkerne führt, umkleidet sie endlich alle peripherischen und einen Theil der centralen Nervenröhren in der Gestalt der SCHWANN'schen Primitivscheide.

Diese Kittsubstanzen bilden ein stützendes Gerüste für die nervösen Elemente; außerdem sind sie die Träger der Blutgefäße, und das Neurilemma verleiht den nicht durch feste Knochenhüllen geschützten peripherischen Nerven die erforderliche Widerstandskraft gegen mechanische Einwirkungen.

Die Nervenzellen entbehren wahrscheinlich überall der eigentlichen Zellhülle. Sie stellen bald runde, bald mehreckig gestaltete Protoplasmaklumpen dar (Fig. 10), welche so außerordentliche Größenunterschiede zeigen, dass manche kaum mit Sicherheit von den kleinen Körperchen des Bindegewebes unterschieden werden können, während andere die Sichtbarkeit mit bloßem Auge erreichen und demnach zu den größten Elementarformen des thierischen Körpers gehören. Charakteristisch für sie ist der Reichthum an Pigmentkörnern, die bald ziemlich gleichmäßig im Protoplasma vertheilt sind, bald an einer Stelle vorzugsweise sich sammeln; bei den stärksten Vergrößerungen erscheint häufig der Inhalt der Zelle von feinsten Fasern durchzogen. Gegen das körnig getrübte Protoplasma contrastirt der lichte, deutlich bläschenförmige und mit einem Kernkörperchen versehene Kern. In manchen Zellen, namentlich des Sympathicus, werden mehrere Kerne beobachtet. In den Centralorganen sind die Zellen ohne weiteres in die weiche Bindesubstanz eingebettet, in den Ganglien sind sie meistens von einer bindegewebigen und elastischen Scheide umgeben, welche oft unmittelbar in die SCHWANN'sche Scheide einer abgehenden Nervenfaser sich fortsetzt (Fig. 10*c*). Einen charakteristischen Bestandtheil der Nervenzellen bilden die Fortsätze derselben, von denen einzelne deutlich in eine Nervenfaser überge[...] [...]rend andere unmittelbar oder nach kurzem Verlauf sich in fe[...] verästeln. Besonders ausgebildet findet sich dieser doppelte Ty[...] größeren Nervenzellen im Rückenmark und Gehirn d[...]

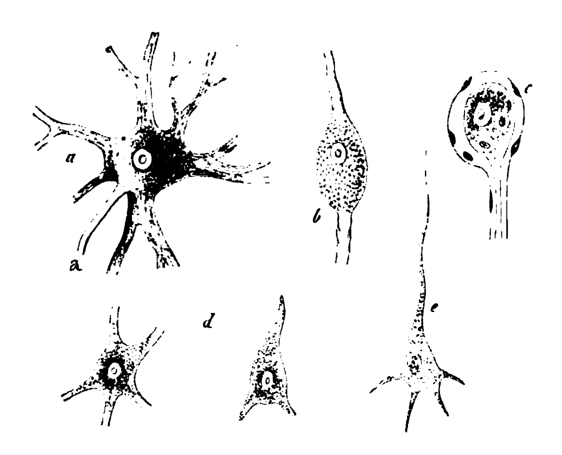


Fig. 10. Nervenzellen von verschiedener Form. *a* Vielstrahlige Zelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks, mit einem Axenfortsatz (α) und zahlreichen sogen. Protoplasmafortsätzen. *b* Bipolare Ganglienzelle aus dem Spinalganglion eines Fisches. *c* Zelle aus einem sympathischen Ganglion. *d* Zellen aus dem gezahnten Kern des kleinen Gehirns. *e* Pyramidalzelle aus der Großhirnrinde.

ein einziger stärkerer Fortsatz, der von DEITERS so genannte Axenfortsatz Fig. 10 *a*), aus dem Centrum der Zelle hervorkommt und direct in eine Nervenfaser übergeht, wogegen eine Menge sich alsbald verzweigender feinerer Fortsätze, die Protoplasmafortsätze (wegen ihrer Verzweigungs- und Ursprungsweise auch Dendriten oder Collateralen genannt) aus der Peripherie der Zelle entspringen[1]). Statt aus der Nervenzelle selbst können jedoch Nebenfortsätze auch aus dem Axen- oder Hauptfortsatz entspringen. Dies findet namentlich immer dann statt, wenn die Nervenzelle nur einen Fortsatz entsendet. Aus solchen unipolaren Zellen besteht fast ganz das Centralnervensystem der Wirbellosen; bei den Wirbelthieren kommen sie wahrscheinlich nur im Sympathicus vor. Die aus der Spaltung der Fortsätze hervorgegangenen Fibrillen bilden den Hauptbestandtheil der zwischen den Nervenzellen gelegenen Punktsubstanz, in der sie in nahe Berührung unter einander treten, ohne aber jemals zu anastomosiren.

Nicht weniger wie die Nervenzellen wechseln die Nervenfasern in ihrer Formbeschaffenheit (Fig. 11). Der größte Theil der Cerebrospinal-

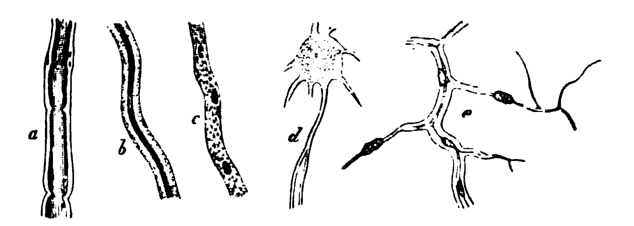


Fig. 11. Nervenfasern. *a* Cerebrospinale Nervenfaser mit Primitivscheide, Markscheide und breitem Axencylinder. *b* Eine ähnliche Faser, deren Axenfaden durch Collodium zur Gerinnung gebracht ist. *c* Sympathische Nervenfaser ohne Markscheide mit feinstreifigem Inhalt und einer mit Kernen besetzten Primitivscheide. *d* Centraler Ursprung einer Nervenfaser. *e* Peripherische Endigung einer solchen (Verzweigungen einer Hautnervenfaser).

nervenfasern der Wirbelthiere zeigt drei Hauptbestandtheile: einen central gelegenen cylindrischen Faden, den Axencylinder, eine diesen umhüllende Substanz, welche durch einen Zersetzungsprocess nach dem Tode sich in wulstförmigen Massen ausscheidet, die Markscheide, und endlich die die letztere umhüllende SCHWANN'sche Primitivscheide. Von diesen drei Bestandtheilen ist der Axencylinder der wesentlichste. In der Regel treten die Nervenfasern als hüllenlose Axencylinder aus Nervenzellen her-

---

1) DEITERS, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere. Braunschweig 1865, S. 53 f.

vor. Erst weiterhin werden sie von der Markscheide, in noch späterem Verlauf von der SCHWANN'schen Primitivscheide umkleidet. Die meisten centralen Nervenfasern besitzen noch eine Markscheide, aber keine Primitivscheide: in der grauen Substanz hört vielfach auch die Markscheide auf (Fig. 11 *d*). In andern Fällen, namentlich an den peripherischen Endigungen und im Gebiet des sympathischen Nervensystems, ist der Axencylinder unmittelbar, ohne zwischengelegenes Mark, von der mit Kernen besetzten Primitivscheide umgeben (*c*). Die nämliche Beschaffenheit besitzen durchweg die Nervenfasern der Wirbellosen. Auch in den peripherischen Endorganen bleiben als letzte Endzweige der Nerven meistens nur noch schmale Axenfasern übrig, die sich büschelförmig verzweigen (*e*).

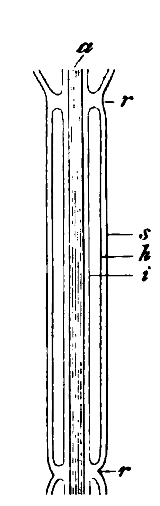


Fig. 12. Structurschema einer markhaltigen Nervenfaser. *a* Axencylinder. *s* SCHWANN'sche Primitivscheide. *rr* RANVIER'sche Einschnürungen. *hi* Hornscheiden nach KÜHNE.

Unter den genannten drei Hauptbestandtheilen der Nervenfaser besitzen die beiden inneren, die Markscheide und der Axencylinder, eine zusammengesetzte Structur. Zunächst zeigt die Verfolgung einer Nervenfaser über größere Strecken ihres Verlaufs, dass das Mark nicht stetig den Axenfaden überzieht, sondern dass dasselbe durch Einschnürungen der Primitivscheide, die sich in ziemlich regelmäßigen Abständen wiederholen, in einzelne durch Querfächer getrennte cylindrische Stücke zerfällt, welche, da jedes dieser Stücke in seiner Hülle nur einen Zellkern zu führen pflegt, den Zellen, aus deren Verwachsung die ganze Faser hervorging, zu entsprechen scheinen (Fig. 12). Innerhalb eines so durch zwei Querringe (*r*) begrenzten Faserabschnitts soll nach einigen Beobachtern noch eine doppelte Hülle aus einer dem epithelialen Gewebe verwandten Substanz den Axenfaden von der Markscheide trennen (*hi*) [1]. Von andern wird das Vorhandensein dieser Zwischenmembranen in der lebenden Nervenfaser bezweifelt [2]. Während so die Markscheide in getrennte Theile zerfällt, scheint der Axencylinder ununterbrochen von dem Ursprungs- bis zum Endigungspunkt der Faser zu verlaufen. Er zeigt sich aus zahlreichen Primitivfibrillen zusammengesetzt, welche ihm an vielen Stellen,

1) EWALD und KÜHNE, Verhandl. des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg, n. F. I. 5. TH. RUMPF, Untersuchungen aus dem physiol. Institut der Universität Heidelberg II, S. 132 f. Heidelberg 1878.

2) TH. W. ENGELMANN, PFLÜGER'S Archiv XXII, S. 1 ff. KÖLLIKER, Zts Zool. XLIII, S. 1 ff.

namentlich an seinen Ursprungsorten aus Nervenzellen, ein feingestreiftes Ansehen verleihen[1]. Bei den oben erwähnten, in der peripherischen Ausbreitung der Nerven vorkommenden Theilungen des Axencylinders treten demnach die Primitivfibrillen, die ihn zusammensetzen, in einzelne Bündel auseinander.

Der Ursprung der Nervenfasern aus den Nervenzellen ist noch nicht in allen Beziehungen aufgeklärt. Sicher steht nur, dass der Axen- oder Hauptfortsatz direct in den Axencylinder einer peripherischen Nervenfaser übergeht, während die Protoplasma- oder Nebenfortsätze in der Punktsubstanz der Centralorgane in feinste Fibrillen sich auflösen. Man vermuthet, dass diese verschiedene Ursprungsweise mit der Function der Nervenfasern in Beziehung steht, indem die Axenfortsätze die centrifugale, die Protoplasmafortsätze die centripetale Leitung vermitteln sollen. Hiernach würden in den Hauptfortsätzen Erregungen geleitet, die von den Nervenzellen ausgehen, in den Protoplasmafortsätzen solche, die ihnen zufließen. Von den Fibrillen der Punktsubstanz muss demnach angenommen werden, dass sie sich wieder zu Nervenfäden sammeln, die entweder mit andern Nervenzellen in Verbindung stehen oder in peripherische wahrscheinlich centripetal leitende Fasern übergehen. Für das diesen Annahmen zu Grunde liegende Schema des doppelten Ursprungs der Nervenfasern ist der Nachweis namentlich erbracht bei den Zellen der Vorderhörner des Rückenmarks, sowie bei den größeren Nervenzellen der Rinde des großen und des kleinen Gehirns und in vielen Ganglien von Wirbellosen, bei welchen letzteren der aus den durchweg unipolaren Nervenzellen entspringende Hauptfortsatz dem Axenfaden entspricht, dabei aber Nebenfortsätze entsendet, die in dem Fibrillennetz der nervösen Zwischensubstanz endigen (Fig. 13).

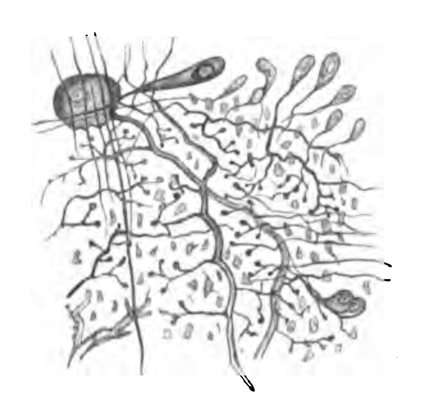


Fig. 13. Punktsubstanz mit durchsetzenden Nervenfasern und unipolaren Ganglienzellen aus einem Abdominalganglion des Flusskrebses (Astacus fluv.), nach G. Retzius.

Ein directer Zusammenhang verschiedener Zellen durch verbindende Fortsätze, früher vielfach angenommen, scheint nirgends stattzufinden[2],

1) Max Schulze, Stricker's Gewebelehre. S. 108 f. Leipzig 1871.
2) Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. S. 67.

ein negatives Resultat, welches wahrscheinlich davon herrührt, dass die Ganglienzellen nur durch das Fibrillensystem der Punktsubstanz mit einander verbunden sind. Dagegen steht die vorhin erwähnte doppelte Ursprungsweise der Nervenfasern und ihre functionelle Bedeutung sichtlich in offenbar engem Zusammenhang mit der entwicklungsgeschichtlichen Thatsache, dass die motorischen Wurzelfasern überall direct aus den Axenfäden von Nervenzellen des Centralorgans hervorgehen, während die sensibeln außerhalb desselben in den Zellen besonderer, den peripherischen Nerven anliegender Gebilde, der Ganglien, entstehen, wobei diese peripherischen Ganglienzellen einerseits nach dem Centralorgan, anderseits in den peripherischen Nerven Fortsätze entsenden [1].

Weit mannigfaltiger noch als der centrale Ursprung gestaltet sich die peripherische Endigung der Nerven, insbesondere verhalten sich hier wieder die beiden für die psychischen Functionen hauptsächlich in Betracht kommenden Endigungsformen, die der sensibeln und der motorischen Nerven, wesentlich verschieden. In den Sinnesorganen scheinen die Fasern vielfach zunächst mit peripherischen Ganglienzellen in Verbindung zu treten, die Endfibrillen aber stets in mehr oder minder umgewandelte Epithelgebilde sich einzusenken. Die verschiedenen Gestaltungen dieser Sinnesepithelien werden wir an einer späteren Stelle näher ins Auge fassen, da dieselben zu der Entwicklung der qualitativen Empfindungsunterschiede sichtlich in naher Beziehung stehen [2].

Die Endigung in den Muskeln zeigt theils nach der Beschaffenheit des Muskelgewebes, theils nach der Stellung der Thiere wieder mannigfache Unterschiede. So breiten sich in den glatten Muskeln des Darms und anderer vegetativer Organe die Terminalfibrillen vielfach sich spaltend zwischen den einzelnen Muskelzellen aus, um schließlich in dieselben einzudringen und nach J. Arnold in dem Kernkörperchen zu endigen [3]. In den quergestreiften Muskeln der Wirbellosen und mancher niederer Wirbelthiere scheinen noch gewisse Annäherungen an dieses Verhalten vorzukommen, insofern auch hier reichliche Spaltungen der Fibrillen zu sehen sind, bevor dieselben in die einzelnen Muskelelemente eindringen, während zugleich in den letzteren besondere Endgebilde nicht nachzuweisen oder wenig entwickelt sind. Dagegen finden sich solche regelmäßig in den Muskeln der Reptilien, Vögel und Säugethiere. Nachdem die Endfasern nur geringe Spaltungen erfahren, durchbohren sie hier die

---

1) W. His, Abhandl. der sächs. Ges. d. W. Math.-phys. Cl. XIX, 6. 359 ff.
2) Vergl. unten Cap. VII.
3) J. Arnold, Stricker's Gewebelehre S. 142.

glashelle elastische Hülle des Muskelfadens, das sogenannte Sarkolemma, um in einer eigenthümlichen Anschwellung, der **Endplatte**, zu endigen (Fig. 14). Die letztere zeigt eine feinkörnige Grundmasse, in der einzelne Kerne vorkommen, die den sonstigen Muskelkernen gleichen. Ob der Axencylinder in der Endplatte verschwindet oder weiter in das Innere des Muskelfadens sich fortsetzt, wie Manche glauben, ist eine noch offene Frage. Ebenso ist die Bedeutung heller Netze, die man in den Endplatten mancher Thiere beobachtet hat, und die von der eindringenden Nervenfaser auszugehen scheinen, noch unaufgeklärt[1]).

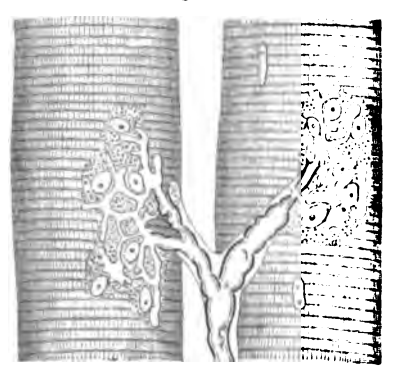


Fig. 14. Eine sich theilende motorische Faser und zwei Endplatten von der Eidechse. Nach KÜHNE.

Die oben erörterten Unterschiede der Nervenfortsätze der Ganglienzellen sind, nachdem DEITERS die erste hierhergehörige Entdeckung an den großen Zellen in den Vorderhörnern des Rückenmarks gemacht, in neuerer Zeit, namentlich von GOLGI[2]), KÖLLIKER[3]), NANSEN[4]), W. HIS[5]), G. RETZIUS[6]), und RAMÓN Y CAJAL[7]) erforscht worden. Während jedoch GOLGI und NANSEN in den Protoplasmafortsätzen oder Dendriten (HIS) nur nutritive Elemente vermutheten und außerdem GOLGI die Fasern der Punktsubstanz für ein System netzförmiger anastomosirender Verzweigungen hielt, erklären sich die andern Beobachter für die nervöse Natur jener Fortsätze und konnten das Vorkommen von Anastomosen in der Punktsubstanz nicht bestätigen.

In functioneller Beziehung stellte GOLGI die Hypothese auf, dass die Axenfortsätze ausschließlich in motorische Nervenfasern übergingen, aus der Punktsubstanz aber sensible Nerven ihren Ursprung nähmen. Hiernach würde, da er die Protoplasmafortsätze für nicht nervöser Natur hält, ein Zusammenhang sensibler und motorischer Fasern nicht in irgendwelchen Nervenzellen, sondern nur in dem Fibrillensystem der Punktsubstanz, und zwar wahrscheinlich durch bloßen Contact der Fasern, stattfinden. Statuirt man dagegen die nervöse Natur der Protoplasmafortsätze, so würde, wie namentlich RAMÓN Y CAJAL ausgeführt hat, anzunehmen sein, dass zwar alle centripetal leitenden Nervenfasern zunächst in der Punktsubstanz sich in Fibrillen auflösen, dann aber wieder mittelst der Protoplasmafortsätze in Nervenzellen einmünden.

1) TH. W. ENGELMANN, Untersuchungen über den Zusammenhang von Nerv und Muskelfaser. Leipzig 1863. W. KÜHNE, STRICKER's Gewebelehre S. 147.
2) Arch. ital. de biologie, III, p. 285, IV, p. 32. Anatom. Anzeiger 1890, Nr. 13—15.
3) Verhandl. der anatom. Gesellschaft. Jena 1891.
4) Jenaische Ztschr. f. Naturw. XXI, S. 267 ff.
5) Abh. der kgl. s. Ges. der Wiss. Math.-phys. Cl. XV, S. 361 ff. Archiv f. Anatomie. 1890. Suppl.-Bd. S. 95 ff.
6) RETZIUS, Biologische Untersuchungen. N. F. I, S. 47, II, S. 25 ff.
7) Riv. di Ciencias Méd. de Barcelona, 1891. Nr. 22, 23.

Zugleich können in diesem Falle die Ausdrücke centripetal und centrifugal nicht als identisch mit sensitiv und motorisch betrachtet werden, sondern sie beziehen sich jeweils nur auf die Zellen, mit denen die Fasern in Verbindung stehen. Centripetal in diesem Sinne sind Leitungswege, die bestimmten Nervenzellen Erregungen zuführen, centrifugal solche, die Erregungen von ihnen wegführen. Demgemäß werden zwar die peripherischen sensiblen Nerven im allgemeinen einem centripetalen, die motorischen einem centrifugalen System angehören. Innerhalb der centralen, zwischen verschiedenen Gangliensystemen sich erstreckenden Leitungswege werden aber ebensowohl Fasern, die in Bezug auf ihren nächsten Zellenursprung centrifugal sind, möglicherweise einen sensorischen, wie andere, die in derselben Beziehung centripetal sind, einen motorischen Charakter besitzen können.

Die functionelle Bedeutung der die Nervenfaser zusammensetzenden Gewebselemente ist zum Theil noch unaufgeklärt. In den bindegewebigen und epithelialartigen Nervenscheiden wird man zweifellos Schutzhüllen zu sehen haben, der Markscheide dagegen dürfte, namentlich im Hinblick auf die unten zu erwähnenden chemischen Bestandtheile derselben, eine nutritive Function zuzuschreiben sein, analog wie innerhalb der Muskelbündel dem die Muskelfibrillen umgebenden Sarkoplasma. Die Axenfasern sind demnach die allein für die eigentliche Nervenfunction maßgebenden Bestandtheile. Sie scheinen in den verschiedensten centralen Gebieten von wesentlich übereinstimmender Beschaffenheit zu sein. Selbst die Durchmesserunterschiede derselben dürften nur in den äußern Bedingungen der Nervenausbreitung ihre Ursache haben. Wenn z. B. die Axenfasern der motorischen Nerven durchweg dicker sind als die der sensibeln, so ist dies wahrscheinlich nur darin begründet, dass dort eine größere Anzahl von Primitivfibrillen in eine Faser zusammengefasst ist. Den Grund dieses Verhältnisses kann man dann darin vermuthen, dass bei der Innervation der Muskeln, wie das Phänomen der unwillkürlichen Mitbewegung lehrt, meist eine größere Zahl von Leitungselementen gemeinsam functionirt, während der Bau und die Function der Sinnesorgane eine schärfere Scheidung der Erregungen erforderlich machen. Auf entsprechende Unterschiede der gesammten Organisation könnte vielleicht selbst die Thatsache zurückgeführt werden, dass bei den Wirbellosen die Axenfasern im allgemeinen erheblich breiter sind als bei den Wirbelthieren. Nach allem diesem ist es nicht unwahrscheinlich, dass die einzelne Primitivfibrille überall eine wesentlich gleichartige Beschaffenheit besitzt, und dass demnach die functionellen Unterschiede dieser die verschiedenen Theile des Centralorgans unter einander und mit peripherischen Organen verbindenden elementaren Leitungsapparate nur in der Beschaffenheit der Organe, die sie verbinden, nicht in ihnen selbst ihren Grund haben. Uebrigens lässt sich eine ähnliche Erwägung auch bezüglich der Nervenzellen nicht zurückweisen, da diese zwar mannigfache Größenunterschiede darbieten, in ihrer elementaren Structur aber von wesentlich übereinstimmender Beschaffenheit zu sein scheinen, so dass auch ihre Function nicht durch specifische Eigenthümlichkeiten, sondern durch die physiologische Bedeutung der peripherischen Organe, mit denen sie durch die Nervenfasern verbunden sind, bedingt zu sein scheinen. So ergibt sich schon aus den Structurverhältnissen für das später zu begründende Princip der Indifferenz der Function der nervösen Elemente eine gewisse Wahrscheinlichkeit[1].

---

1) Vergl. unten Cap. V.

2. Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Baustoffe, aus welchen sich die Formel
des Nervensystems zusammensetzen, sind bis jetzt nur mangelhaft e
Der größte Theil der Umhüllungs- und Stützgewebe, nämlich das
lemma, die Primitivscheide und theilweise die Neuroglia der Nerv
tren, gehört in die Classe der leimgebenden und der elastischen
Nur die das Mark umgebende Hornscheide soll aus einer dem Ho
der Epithelialgewebe verwandten Substanz bestehen, die man Ne
keratin genannt hat[1]. Die eigentliche Nervenmasse ist ein Gemeng
Körpern, von denen mehrere in ihren Löslichkeitsverhältnissen den F
ähnlich sind, während sie in ihrer chemischen Constitution manni
abweichen. Außer in der Nervensubstanz sind sie in den Blut-
Lymphkörpern, im Eidotter, Sperma und in geringerer Menge noc
manchen andern Flüssigkeiten gefunden worden. Der wichtigste d
Stoffe ist das Lecithin, ein sehr zusammengesetzter Körper, in welc
die Radicale von Fettsäuren, der Phosphorsäure und des in den mei
thierischen Fetten enthaltenen Glycerins mit einander gepaart und
einer starken Aminbase, dem Neurin, verbunden sind[2]. Das Leci
zeichnet sich einerseits vermöge des hohen Kohlen- und Wasserstoffgeh
durch seinen bedeutenden Verbrennungswerth, anderseits vermöge
complexen Beschaffenheit, die es besitzt, durch seine leichte Zersetzb
keit aus. Neben ihm findet sich ein in seiner Constitution noch un
forschter Körper, das Cerebrin, welches, da es sich beim Kochen n
Säuren in eine Zuckerart und andere unbekannte Zersetzungsproduc
spaltet, zu den stickstoffhaltigen Glycosiden gerechnet wird[3]. Endli
geht Cholesterin[4], ein fast in allen Geweben und Flüssigkeiten vo
kommender fester Alkohol von hohem Kohlenstoffgehalt, in ziemlich reich
licher Menge in die Zusammensetzung des Nervengewebes ein. Auch da
Cerebrin und Cholesterin besitzen einen bedeutenden Verbrennungswerth
doch sind sie weniger leicht zersetzbar als das Lecithin. Neben diese

---

1) Ewald und Kühne, Verhandl. des naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg, n. F. I, 5.

2) Die Constitution des gewöhnlichen Lecithins ist nach Diakonow $C_{44}H_{90}NPO_9$ = Distearylglycerinphosphorsäure + Trimethyloxäthylammoniumhydroxyd (Neurin). Nach Strecker können aber noch andere Lecithine entstehen, indem an Stelle des Radicals der Stearinsäure andere Fettsäureradicale treten.

3) Nach W. Müller hat das Cerebrin die (empirische) Zusammensetzung $C_{37}H_{33}NO_3$.

4) $C_{26}H_{44}O$.

Substanzen enthält das Nervengewebe in beträchtlicher Quantität Stoffe, die man in die Classe der **Eiweißkörper** rechnet, deren Constitution und chemisches Verhalten aber noch kaum erforscht sind. Wir wissen nur, dass die Hauptmasse der die Eiweißreaction gebenden Stoffe in fester gequollener Form im Gehirn und in den Nerven vorkommt, und dass sie durch ihre Löslichkeit in verdünnten Alkalien und Säuren die nächste Aehnlichkeit mit dem wichtigsten eiweißartigen Bestandtheil der Milch, dem Caseïn, zeigt.

Ueber den physiologischen Zusammenhang aller dieser Bestandtheile besitzen wir keine Aufschlüsse. Ebenso ist über die Vertheilung derselben in den einzelnen Elementartheilen des Nervengewebes wenig bekannt. Sichergestellt ist nur, dass in den peripherischen Nervenfasern der Axenfaden die allgemeinen Kennzeichen der Eiweißstoffe darbietet, während die Markscheide in ihrem physikalischen Verhalten ganz und gar einem in Wasser gequollenen Gemenge von Lecithin und Cerebrin gleicht. Ebenso besteht in den Ganglienzellen der Kern nach seinem mikrochemischen Verhalten wahrscheinlich aus einer complexen eiweißähnlichen Substanz, während in dem Protoplasma eiweißähnliche Stoffe mit Lecithin und seinen Begleitern gemengt sind. Dieselben Bestandtheile scheinen dann theilweise in die Intercellularsubstanz einzudringen.

Diese Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass die Nervensubstanz der Sitz einer chemischen Synthese ist, in Folge deren aus den durch das Blut zugeführten complexen Nahrungsstoffen schließlich noch complexere Körper hervorgehen, welche zugleich durch ihren hohen Verbrennungswerth eine bedeutende Summe disponibler Arbeit darstellen. Zunächst zeugt für diese Richtung des Nervenchemismus das Auftreten des Lecithins in so bedeutenden Mengen, dass eine Entstehung desselben an Ort und Stelle offenbar wahrscheinlicher ist, als eine Ablagerung aus dem Blute. Als Muttersubstanzen des Lecithins und der es begleitenden, vielleicht als Nebenproducte entstehenden Körper sind hierbei wohl die eiweißähnlichen Stoffe der Ganglienzelle und des Axencylinders anzusehen. Dass in thierischen Elementartheilen einfachere Eiweißstoffe in zusammengesetztere übergeführt werden können, ist kaum mehr zu bezweifeln. Abgesehen von den bereits sicher beobachteten Synthesen innerhalb des Thierkörpers[1]) spricht hierfür insbesondere auch die Thatsache, dass **phosphorhaltige** Substanzen, welche sonst den Albuminaten in ihrer Zusammensetzung und in ihrem chemischen Verhalten ähnlich sind, unter Verhältnissen vorkommen, welche eine Bildung derselben innerhalb der

---

1) E. BAUMANN, Die synthetischen Processe im Thierkörper. Habilitationsrede. Berlin 1878.

thierischen Zelle äußerst wahrscheinlich machen. Ein phosphorhaltiger Körper dieser Art scheint insbesondere der Hauptbestandtheil der Zellenkerne zu sein, das Nucleïn[1]. Solche phosphorhaltige eiweißähnliche Stoffe sind, wie HOPPE-SEYLER vermuthet, Zwischenstufen zwischen dem eigentlichen Eiweiß und den Lecithinkörpern. Sie scheinen häufige Begleiter der Eiweißstoffe, namentlich des Caseïns zu sein[2]. Hiernach darf man vorläufig wohl vermuthen, dass in der Ganglienzelle zunächst complexe eiweißähnliche Körper sich bilden; vielleicht ist auch der Axencylinder aus solchen zusammengesetzt. Als ein zweiter bereits auf einer Spaltung beruhender Vorgang würde dann die Bildung des Lecithins und der andern leicht verbrennlichen Nervenstoffe zu betrachten sein. Der ganze Chemismus der Nervensubstanz ist aber augenscheinlich auf die Bildung von Verbindungen gerichtet, in welchen sich ein hoher Verbrennungs- oder Arbeitswerth anhäuft. In diesem Punkte stimmt unsere Kenntniss der chemischen Bestandtheile des Nervensystems vollständig mit den Anschauungen überein, zu denen die physiologische Mechanik desselben geführt wird[3].

Drittes Capitel.

Formentwicklung der Nervencentren.

1. Allgemeine Uebersicht.

Die früheste Entwicklungsstufe des centralen Nervensystems der Wirbelthiere haben wir bereits in jener ersten Sonderung des Keimes kennen gelernt, welche als ein dunkler Streif die Stelle des Rückenmarks und damit zugleich die Körperaxe des künftigen Organismus bezeichnet (Fig. 9, S. 31). Die weitere Folge der Entwicklungszustände lässt sich nun auf doppeltem Wege beobachten: entweder indem man unmittelbar die Genese eines höheren Wirbelthieres von der ersten Anlage an bis zu vollendeter Ausbildung verfolgt, oder indem man die Classen und Ord-

1) MIESCHER in HOPPE-SEYLER's Physiologisch-chemischen Untersuchungen, 4. S. 452.
2) LUBAVIN ebend. S. 463.
3) Vergl. Cap. VI.

nungen der Wirbelthiere von den niedersten bis zu den höchsten Stufen der Formentwicklung vergleichend an einander reiht. Beide Wege, der entwicklungsgeschichtliche und der vergleichend-anatomische, fallen zwar keineswegs vollständig zusammen, da in der Reihenfolge der Organismen eine größere Mannigfaltigkeit der Formbildung herrscht, als in der Entwicklung des einzelnen Wesens. Nichts desto weniger wird hier wie dort im allgemeinen das nämliche Entwicklungsgesetz gewonnen, indem die früheren Zustände der höheren Wirbelthiere den bleibenden Organisationsstufen der niedrigeren ähnlich sind. Wir werden beide Wege der genetischen Betrachtung gleichzeitig benützen. Denn die Entwicklungsgeschichte allein kann darüber Aufschluss geben, wie ein Zustand aus dem andern hervorgegangen ist; nur die vergleichende Anatomie aber vermag Andeutungen über die physiologische Function der Theile zu bieten, da die Stufen der Organisation sich bleibend fixirt haben müssen, wenn zugleich das physiologische Verhalten der Wesen unserer Betrachtung zugänglich sein soll.

Die Uranlage des centralen Nervensystems entwickelt sich, nachdem der Fruchthof durch rascheres Längenwachsthum eine ovale Gestalt angenommen hat. Es faltet sich dann zu beiden Seiten des Primitivstreifs das äußerste Blatt der Keimscheibe zu zwei leistenförmigen Erhebungen, welche eine Rinne zwischen sich lassen. Diese Rinne, die **Primitivrinne**, ist die Anlage des künftigen Rückenmarks (*p* Fig. 7, S. 29). Indem die Seitentheile derselben sich in raschem Wachsthum zuerst erheben und dann einander nähern, schließt sich die Rinne zu einem Rohr, dem **Medullarrohr**, in dessen Höhle aus den ursprünglichen Bildungszellen die Entwicklung des **Rückenmarks** von statten geht. Das letztere enthält bei allen Wirbelthieren einen seine Längsaxe einnehmenden Rest der ursprünglichen Höhle, den **Centralcanal**, welcher zunächst von grauer Substanz umgeben ist, die ihrerseits wieder von einer weißen Markhülle bedeckt wird, aus der in fächerförmiger Anordnung die Wurzeln der Rückenmarksnerven hervortreten.

Die erste Anlage des **Gehirns** entsteht, indem das vordere Ende des Medullarrohrs schneller zu wachsen beginnt, wodurch sich eine blasenförmige Auftreibung desselben, das **primitive Hirnbläschen** bildet, die sich sehr bald in drei Abtheilungen, das **vordere**, **mittlere** und **hintere Hirnbläschen**, gliedert (Fig. 15). Theils die genetischen, theils die späteren functionellen Beziehungen dieser ursprünglichen Hirntheile legen den Gedanken nahe, dass, wie die Entwicklung des Gehirns überhaupt, so auch diese Dreitheilung, welche allen Wirbelthieren gemeinsam ist, in nächstem Zusammenhang steht mit der Entwicklung der drei vorderen Sinneswerkzeuge: die nervöse Anlage der Geruchsorgane wächst

nämlich unmittelbar aus dem vordern Ende der ersten, die der Gehörorgane aus den Seitentheilen der dritten Hirnblase heraus; die Augen entstehen zwar anscheinend als Wachsthumsproducte des Vorderhirns, doch machen es physiologische Thatsachen zweifellos, dass das Mittelhirn die nächsten Ursprungszellen der Sehnerven enthält.

Von den drei ursprünglichen Hirnabtheilungen erfahren die erste und dritte, das Vorder- und Hinterhirn, die wesentlichsten Veränderungen.

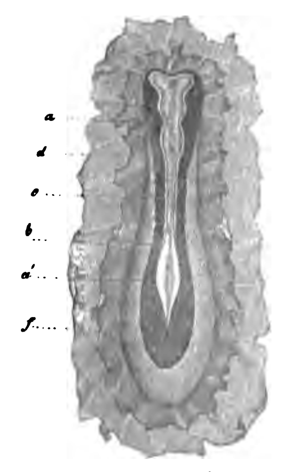


Fig. 15. Embryonalanlage eines Hundeeies n. BISCHOFF. *a* Medullarrohr mit den drei Hirnblasen an seinem vorderen Ende. *a'* Erweiterung des Medullarrohres in der Lendengegend (sinus rhomboidalis). *b* Anlage der Wirbelsäule. *c* Anlage der Körperwand. *d* Trennungsstelle des oberen und mittleren Blattes der Keimblase. *f* das untere Blatt derselben.

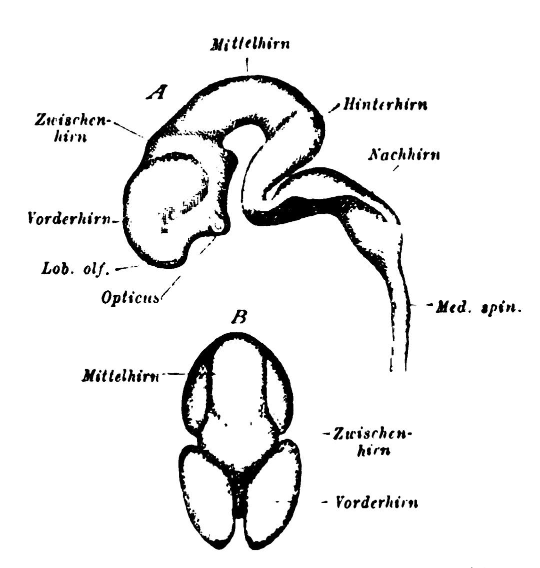


Fig. 16. Gehirn eines 7 Wochen alten menschlichen Embryo, 3mal vergr. *A* seitliche, *B* obere Ansicht. Nach MIHALKOVICS.

Beide zeigen nämlich bald an ihrem vorderen Ende ein gesteigertes Wachsthum und gliedern sich hierdurch jedes in ein Haupt- und ein Nebenbläschen. Das frühere Vorderhin besteht nun aus Vorder- und Zwischenhirn, das frühere Hinterhirn aus Hinter- und Nachhirn (Fig. 16). Unter den so entstandenen fünf Hirnabtheilungen entspricht das Vorderhirn den künftigen Großhirnhemisphären, das Zwischenhirn wird zu den Sehhügeln (thalami optici), aus dem einfach gebliebenen Mittelhirn entwickeln sich die Vierhügel des Menschen und der Säugethiere, die Zweihügel oder lobi optici der niederen Wirbelthiere, das Hinterhirn wird zum Kleinhirn (Cerebellum), das Nachhirn zum verlängerten Mark. Vorn ist das Zwischenhirn, hinten das Nachhirn als Stammbläschen zu betrachten, aus welchem

dort das Vorderhirn, hier das Hinterhirn als Nebenbläschen hervorgewachsen sind. Die aus den drei Stammbläschen, Nach-, Mittel- und Zwischenhirn, sich entwickelnden Gebilde, also das verlängerte Mark, die Vier- und Sehhügel mit den unter ihnen aus dem Mark aufsteigenden Faserbündeln, nennt man auch noch im ausgebildeten Gehirn den **Hirnstamm** und stellt ihnen die Gebilde des ersten und des vierten Hirnbläschens, die Großhirnhemisphären und das Cerebellum, als **Hirnmantel** gegenüber, weil diese Theile an den höher organisirten Gehirnen einem Mantel ähnlich den Hirnstamm umhüllen [1]).

Die sämmtlichen Hirnbläschen sind, gleich dem Medullarrohr, dessen Erweiterungen sie darstellen, von Anfang an Hohlgebilde, und zwar sind sie zunächst nach außen geschlossen, communiciren aber unter einander sowie nach rückwärts mit der Höhle des Medullarrohrs. Mit der Entwicklung der beiden Nebenbläschen aus dem vordern und hintern Stammbläschen ändert sich dies. Nun reißt nämlich die Decke der letzteren der Länge nach entzwei. Es entstehen so zwei genau in der Medianlinie gelegene spaltförmige Oeffnungen, eine vordere und eine hintere, durch welche die Höhlen des vordern und des hintern Stammbläschens freigelegt werden. Durch den vorderen Deckenriss wird das Vorderhirn in seine beiden Hemisphären gespalten und das Zwischenhirn nach oben geöffnet, während das in seinem Wachsthum zurückbleibende Mittelhirn nur durch eine Längsfurche in zwei Hälften sich scheidet. Der hintere Deckenriss erfolgt an der Stelle, wo das Medullarrohr in das Gehirn übergeht. Das Hinterhirn oder Cerebellum, welches unmittelbar vor dieser Stelle hervorwächst, ist anfänglich vollständig in zwei Hälften geschieden, verwächst aber später in seiner Mittellinie. Durch jene beiden Spalten dringen in die Hirnhöhlen Blutgefäße ein, welche, indem sie die erforderliche Stoffzufuhr vermitteln, das weitere Wachsthum und die gleichzeitige Verdickung der Wandungen mittelst Ablagerung von Nervensubstanz von innen her möglich machen.

Die bis dahin erreichte Entwicklung entspricht im wesentlichen der bleibenden Organisation des Gehirns der niedersten Wirbelthiere, der Fische und nackten Amphibien (Fig. 17 und 18). Das ursprüngliche Vorderhirnbläschen ist hier meistens in zwei fast ganz getrennte Hälften geschieden, die beiden Großhirnhemisphären, die nur noch an einer kleinen Stelle ihres Bodens zusammenhängen. Das vordere Stammbläschen oder Zwischenhirn ist in zwei paarige Hälften, die Sehhügel oder thalami optici, gespalten, welche mit ihrer Basis verwachsen bleiben. Das Hinterhirn oder Cerebellum bildet meistens eine schmale unpaare Leiste, an der jede Spur einer Trennung verschwunden ist. An dem Nachhirn oder verlängerten

1) Vergl. Mihalkovics, Entwicklungsgeschichte des Gehirns. Leipzig 1878, S. 25 ff.

Mark hat der hintere Deckenriss eine rautenförmige Vertiefung gebildet, unter welcher die Hauptmasse des Organs ungetrennt bleibt.

Mit der Gliederung des Gehirns in seine fünf Abtheilungen verändert sich zugleich die Form der ursprünglich eine einfache Erweiterung des medullaren Centralcanals darstellenden Hirnhöhle. Diese trennt sich entsprechend der Gliederung des Hirnbläschens zuerst in drei, dann in fünf Abtheilungen, und in Folge der Spaltung der Hemisphären wird die vorderste derselben noch einmal in zwei symmetrische Hälften, die beiden

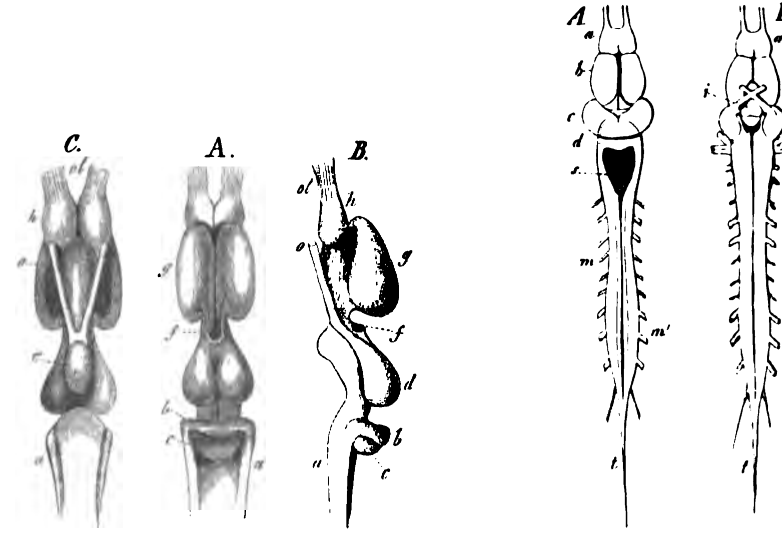


Fig. 17. Gehirn von Polypterus bichir nach J. MÜLLER. *A* von oben, *B* seitlich, *C* von unten. *h* Riechlappen. *g* Großhirn. *f* Zwischenhirn (thalami). *d* Zweihügel (lobi optici). *bc* Kleinhirn. *a* Verl. Mark. *e* Hirnanhang (hypophysis) mit den lobi inferiores. *ol* Nerv. olfactorius. *o* Nerv. opticus.

Fig. 18. Gehirn und Rückenmark des Frosches nach GEGENBAUR. *A* obere, *B* untere Ansicht. *a* Riechlappen. *b* Großhirn. *c* Zweihügel. Zwischen *b* und *c* ist in *A* ein Theil des Zwischenhirns (thalamus) sichtbar. *d* Kleinhirn. *s* Rautengrube (verl. Mark). *i* Hirntrichter (infundibulum); vor demselben die Kreuzung der Sehnerven. *m* Rückenmark. *m'* Lendenanschwellung desselben. *t* Endfaden des Rückenmarks.

seitlichen Hirnkammern, geschieden. Gehen wir von den letzteren aus, so hängen demnach die einzelnen Abtheilungen der Centralhöhle in folgender Weise zusammen (Fig. 19). Die seitlichen Hirnkammern (*h*), welche in der Regel vollständig von einander getrennt sind, münden in die Höhle ihres Stammbläschens, einen zwischen den Sehhügeln gelegenen spaltförmigen Raum (*z*), der durch den vordern Deckenriss nach oben geöffnet ist; er wird, indem man von vorn nach hinten zählt, als der dritte Ventrikel bezeichnet. Dieser führt dann unmittelbar in die Höhle des

Mittelhirns (*m*), welche sich bei den Säugethieren außerordentlich verkleinert, so dass sie nur als ein enger, unter den Vierhügeln hinziehender Canal, die Sylvische Wasserleitung (aquaeductus Sylvii), den dritten Ventrikel mit der Höhle des Nachhirns verbindet. Noch bei den Vögeln hat der Canal eine größere Ausdehnung, indem er Ausläufer in die beiden, das Mittelhirn bildenden Zweihügel hineinsendet; bei den niederen Wirbelthieren befinden sich in diesem Hügelpaar ziemlich ausgedehnte Hohlräume, welche mit der centralen Höhle communiciren. Von den aus dem dritten Hirnbläschen hervorgegangenen Theilen, dem Hinter- und Nachhirn, hat jeder wieder ursprünglich seinen besonderen Hohlraum. Da nun das Hinterhirn oder Cerebellum dem Nachhirn an der Stelle, wo das letztere an das Mittelhirn grenzt, als ein sich nach hinten wölbendes Bläschen aufsitzt, so spaltet sich der Sylvische Canal an seinem hinteren Ende in zwei Zweige, in einen, der sich nach aufwärts wendet und in die Höhle des Cerebellum führt, und in einen andern, der geraden Weges in die Höhle des Nachhirns, der Medulla oblongata, einmündet (Fig. 20). Letztere Höhle nennt man, weil sie, wenn die Sylvische Wasserleitung nicht mitgerechnet wird, von vorn nach hinten gezählt, der vierte Hohl-

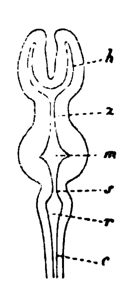
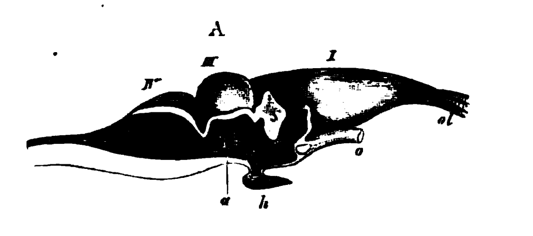


Fig. 19. Horizontaler Längsschnitt durch das Gehirn des Frosches, halb schematisch. *h* Seitliche Hirnkammer. *z* Höhle des Zwischenhirns (3. Ventrikel). *m* Höhle des Mittelhirns. *s* Verbindungscanal zwischen 3. und 4. Ventrikel (aquaeductus Sylvii). *r* Rautengrube (4. Ventrikel). *c* Centralcanal des Rückenmarks.



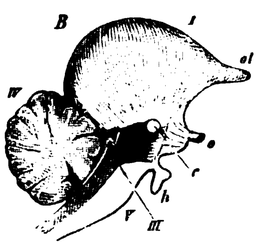


Fig. 20. Gehirn einer Schildkröte (*A*) und eines Vogels (*B*), im senkrechten Medianschnitt, nach Bojanus und Stieda. *I* Hemisphäre. *ol* Olfactorius. *o* Opticus. *c* Vordere Commissur. *III* Zweihügel; in *B* ist nur die beide Zweihügel vereinigende Markplatte sichtbar, die in *A* als *a* bezeichnet ist. *h* Hypophysis. *IV* Kleinhirn. Hinter der vorderen Commissur liegt der 3. Ventrikel, der unter der Zweihügelplatte in die Sylvische Wasserleitung übergeht; letztere führt an ihrem hinteren Ende nach aufwärts in die Höhle des Cerebellum, nach abwärts in den 4. Ventrikel.

raum des Gehirns ist, den vierten Ventrikel oder wegen ihrer rautenförmigen Gestalt die Rautengrube (*r* Fig. 19). Der vierte Ventrikel ist nicht mehr eine Höhle, sondern eine Grube, weil er durch den hintern

Deckenriss vollständig freigelegt ist. Wo diese Grube an ihrem hintern Ende sich schließt, da geht sie dann in den Centralcanal des Rückenmarks über. Bei den Säugethieren verschwindet die Höhle des Cerebellum vollständig durch Ausfüllung des Hinterhirnbläschens mit Markmasse. Hier wird also durch seitliche Hirnkammern, dritten Ventrikel, Sylvische Wasserleitung und vierten Ventrikel das vollständige System der Hirnhöhlen gebildet. Bei den niederen Wirbelthieren kommen hierzu noch die Höhlen der Sehhügel als Erweiterungen des dritten Ventrikels, die Höhlen der Zweihügel oder lobi optici als Ausbuchtungen der Wasserleitung und die Höhle des Cerebellum als Anhang der Rautengrube. Haupt- und Nebenhöhlen werden im allgemeinen bei den niedrigen Wirbelthierordnungen umfangreicher im Verhältniss zur Hirnmasse, nähern sich demnach mehr einem embryonalen Zustande. Doch zeigen in dieser Beziehung die einzelnen Hirnabtheilungen in den verschiedenen Classen ein abweichendes Verhalten. Bei den Fischen werden die Großhirnhemisphären und das Kleinhirn durch Ausfüllung mit Nervenmasse zu soliden Gebilden, die, weil ihr Wachsthum frühe innehält, nur eine geringe Größe erreichen. Bei den Amphibien bleiben die zwei Seitenventrikel bestehen, aber das Cerebellum ist meistens solide. Erst bei den Reptilien und Vögeln erhält auch dieses eine geräumige Höhle, die dann aber bei den Säugethieren wiederum verschwindet. Ebenso schließen sich bei den letztern die Seitenhöhlen des Mittelhirns, der Vier- oder Zweihügel, die bei allen niederen Wirbelthieren, von den Fischen bis hinauf zu den Vögeln, nicht nur erhalten bleiben, sondern auch auf ihrem Boden graue Erhabenheiten entwickeln (Fig. 21), ähnlich wie solche bei Vögeln und Säugethieren in den Seitenventrikeln des großen Gehirns in Gestalt der sogenannten Streifenhügel vorkommen.

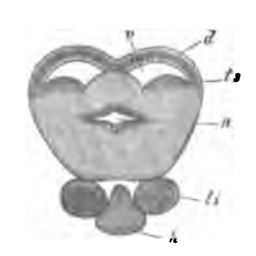


Fig. 21. Querschnitt durch das Gehirn eines Fisches (Gadus lota) in der Region der Zweihügel, vergr. nach STIEDA. *d* Decke der Zweihügel. *v* Höhle derselben. *ts* Graue Erhabenheit auf deren Boden (torus semicircularis Halleri). *a* Sylvische Wasserleitung. *li* lobi inferiores. *h* Hirnanhang (hypophysis). Weiter nach vorn münden die Höhlen der Zweihügel und der Sylvische Canal *a* im 3. Ventrikel zusammen; fernere Ausbuchtungen führen aus dem letzteren in die lobi inferiores.

Im Rückenmark sowohl wie im Gehirn geht die Bildung der Nervenmasse von den Zellen aus, welche die Wandungen der ursprünglichen Hohlräume zusammensetzen. Manche dieser Zellen bewahren den Charakter der Bildungszellen des Bindegewebes und vermitteln so die Ausscheidung der formlosen Zwischensubstanz oder Neuroglia. Andere werden zu Ganglienzellen und lassen Ausläufer sprossen, welche theils in Nervenfasern, theils in nervöse Fibrillen übergehen. Im Rückenmark strahlen

die Fasern vorwiegend nach der Peripherie aus, so dass die graue Substanz um den Centralcanal zusammengedrängt und außen von weißer Markmasse überkleidet wird. Im Gehirn bleibt dieses Verhältniss nur in den aus den drei Stammbläschen hervorgegangenen Gehirntheilen im wesentlichen bestehen. An den aus den Nebenbläschen entwickelten Gebilden aber behalten die Ganglienzellen ihre wandständige Lage, und die mit ihnen zusammenhängenden Fasern sind gegen den Innenraum der Höhlen gerichtet. Nur im Hirnstamm, also im verlängerten Mark, in den Vier- und Sehhügeln, ist daher ein die Fortsetzungen des centralen Canals umgebender grauer Beleg von weißer Markmasse umkleidet, am Hirnmantel dagegen wird das Mark außen von einer grauen Hülle bedeckt. So haben sich zwei Formationen grauer Substanz entwickelt. Die eine, das Höhlengrau, gehört dem Rückenmark und dem Hirnstamm, die andere, das Rindengrau, dem Hirnmantel an. Die erste dieser Formationen erfährt im Gehirn noch weitere Modificationen. Schon im obersten Theile des Rückenmarks nämlich wird die graue Substanz durch weiße Markmassen unterbrochen, indem einzelne Bündel der Rückenmarksstränge ihre Lagerung an der Peripherie der grauen Substanz nicht mehr regelmäßig innehalten. Im verlängerten Mark häuft sich diese Erscheinung so sehr, dass nur noch ein verhältnissmäßig kleiner Theil der grauen Masse als Bodenbeleg der Rautengrube die ursprüngliche Lagerung einhält, der größte Theil aber durch zwischentretende weiße Markfasern in einzelne Nester getrennt ist. Man pflegt solche von Mark umgebene Ansammlungen grauer Substanz als graue Kerne zu bezeichnen. Eine wesentliche Modification, welche das centrale Grau des Rückenmarks beim Uebergang in das Gehirn erfährt, besteht sonach darin, dass sich aus ihm durch den Dazwischentritt weißer Markmassen eine weitere Formation grauer Substanz absondert, die man als Kernformation oder Kerngrau (GanglienGrau) bezeichnet. Die Kernformation liegt in der Mitte zwischen Höhlen- und Rindengrau[1]. Geht man von der Centralhöhle aus, so trifft man zuerst auf Höhlengrau, hierauf kommt weiße Marksubstanz, dann Kernformation, dann nochmals Mark, und endlich das Grau der Rinde.

Als den nächsten Grund für das Auftreten gesonderter Kerne grauer Substanz kann man das Auftreten von Nerven betrachten, die sowohl unter sich wie mit den Ursprungspunkten der tiefer abgehenden Rücken-

1) Arnold (Handbuch der Anatomie II, S. 641) und Huschke (Schädel, Hirn und Seele, S. 131) unterscheiden zwei Formationen grauer Substanz, Kern- und Rindensubstanz. Meynert (Stricker's Gewebelehre, S. 695) führt vier Formationen auf: Höhlengrau, Gangliengrau, Rindengrau und Kleinhirngrau. Zweckmäßiger lassen sich aber wohl die Rinde des Kleinhirns der Rindenformation, seine grauen Kerne der Kernformation zurechnen.

marksnerven in vielseitige Verbindung gesetzt sind. Solche Verknüpfungen führen nothwendig einen verwickelteren Verlauf der Nervenfasern mit sich. Während die zur Herstellung dieser Verbindung erforderliche graue Substanz an Masse zunimmt, finden zugleich die verknüpfenden Faserbündel in der Peripherie derselben keinen zureichenden Platz mehr: so bleibt nur ein Theil der grauen Masse um die Centralhöhle gelagert, der übrige wird zur Kernformation zerklüftet. Indem auf diese Weise die graue Centralmasse in einzelne Herde sich sondert, scheiden sich zugleich deutlich solche Centralgebiete, die als unmittelbare Ursprungspunkte der Nerven dienen, von andern, die ausschließlich Fasern mit einander verknüpfen, welche von verschiedenen directen Ursprungsorten aus centralwärts verlaufen. Jene ersteren Anhäufungen grauer Substanz, aus denen unmittelbar peripherische Nervenfasern hervorkommen, pflegt man als *Nervenkerne*, die zweiten, welche zur Verbindung und Sammlung centralwärts verlaufender Fasern bestimmt sind, als *Ganglienkerne* zu bezeichnen. Der letztere Name hat darin seinen Grund, dass sich bei den höheren Wirbelthieren um einige dieser Kerne das Mark in besonderen, von der übrigen Hirnmasse theilweise getrennten Anhäufungen sammelt, welche man dann sammt den grauen Kernen, die sie umschließen, *Hirnganglien* nennt. Einige der ursprünglichen Hirnabtheilungen gehen mit einem großen Theil ihrer Masse in solche Hirnganglien über: so pflegt man die Sehhügel, die Vier- oder Zweihügel denselben zuzurechnen. Andere Hirnganglien entsprechen nicht ursprünglichen Hirnabtheilungen, sondern entstehen durch die Einstreuung grauer Kerne in den markigen Boden der Hirnhöhlen und bilden dann ebenfalls hügelähnliche Hervorragungen: so die bei den meisten Wirbelthieren mit Ausnahme der Säugethiere in den Höhlen der Zweihügel liegenden Hervorragungen und die Streifenhügel in den Seitenventrikeln der höheren Wirbelthiere. Uebrigens kommen auch graue Anhäufungen im Mark des Gehirns vor, welche sich nicht durch äußere Hervorragungen zu erkennen geben, und welche man doch wegen ihrer Beziehung zu den Markfasern den Ganglienkernen zurechnen muss.

Die dritte Formation der grauen Substanz, das *Rindengrau*, kann nicht mehr von der ursprünglichen Auskleidung des Medullarrohrs abgeleitet werden. Denn die Rinde des Vorderhirns und des Cerebellum geht aus den Wandungen der beiden Mantelbläschen hervor, mit welchen erst später die Markfasern des Stabkranzes in Verbindung treten. Es scheint also, dass die Zellen, die jene Wandungen zusammensetzen, von Anfang an nicht, wie die Wandzellen des Medullarrohrs und seiner Fortsetzungen im Hirnstamm, nach der Peripherie hin Faserfortsätze entsenden, sondern sich mit den vom Markkern her centralwärts in sie einstrahlenden Fasern

verbinden, vielleicht indem sie diese in ähnlicher Weise nur in sich aufnehmen wie die Zellen in den peripherischen Endgebilden, den Sinnesorganen, Muskeln, Drüsen. Die Zellen der Hirnrinde erscheinen so, wie sie physiologisch in gewissem Sinne ein Spiegelbild der Körperperipherie darstellen, auch genetisch als eine den peripherischen Organen gegenüberliegende Endfläche, in welche gleichwie in jene aus den grauen Kerngebilden die Fasern eintreten. Nach beiden Endflächen aber, der peripherischen und centralen, strahlen von dem eigentlichen Centrum des Nervensystems, von den grauen Massen der Höhlen- und Kernformation, die Leitungsbahnen in divergirender Richtung aus [1].

Die bisher beschriebene Entwicklung ist bei allen Wirbelthieren zugleich mit Lageänderungen der primitiven Hirnabtheilungen gegen einander verbunden, in Folge deren das ganze Gehirn nach vorn geknickt wird und die einzelnen Abtheilungen des Stammhirns eine gegen einander geneigte Stellung annehmen. Diese Knickung, unbedeutend bei den niedersten Classen, nähert sich bei den höheren Ordnungen der Säugethiere mehr und mehr einer rechtwinkligen Beugung (vgl. Fig. 16 S. 44). Außerdem wird die Form des Gehirns dadurch modificirt, dass einzelne Hirnabtheilungen, insbesondere das Vorder- und Hinterhirn, durch ihr beträchtliches Wachsthum andere verdecken. Der Krümmungen des centralen Nervensystems kann man drei unterscheiden, von denen die erste der Uebergangsstelle des Rückenmarks in das Gehirn entspricht, die zweite am Hinterhirn, die dritte am Mittelhirn auftritt (Fig. 22).

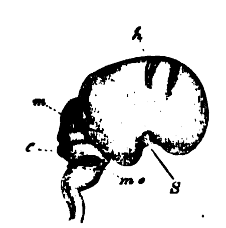


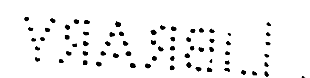
Fig. 22. Gehirn eines dreimonatlichen menschlichen Embryo von der Seite, nach KÖLLIKER. *h* Hemisphäre. *m* Mittelhirn (Vierhügel). *c* Cerebellum. *mo* Verl. Mark. *S* Sylvische Grube.

Die Stärke dieser Krümmungen ist vorzugsweise durch das Wachsthum des Vorderhirns bedingt, daher mit der Entwicklung desselben die Kopfbeugung

1) Am Vorderhirn der niedersten Wirbelthierclassen, der Fische und Amphibien, kommt übrigens der graue Rindenbeleg in einer Form vor, in welcher derselbe einen Uebergang von der Kern- zur Rindenformation zu bilden scheint, indem die ganze Masse der Hemisphären von grauer Substanz durchsetzt ist, welche manchmal gegen die Oberfläche in etwas dichterer Lage sich ansammelt, zuweilen aber auch spärlicher wird, indem die meisten Nervenzellen nach innen gelagert sind (STIEDA, Zeitschr. für wissensch. Zoologie, XVIII, S. 46 und XX, S. 306, vgl. ebend. Taf. XVIII, Fig. 24). Die solide oder (bei den Amphibien) wenig ausgehöhlte Hemisphäre hat hier noch eine ähnliche Structur, wie sie jenen Ganglien zukommt, welche sich auf dem Boden der Hirnhöhlen erheben. Die frühere Ansicht der Anatomen, wonach die soliden Hemisphären der Fische nur die Analoga der Streifenhügel sein sollten, findet daher in diesen Structurverhältnissen eine gewisse Berechtigung. Genetisch entsprechen sie jedoch offenbar den Streifenhügeln und den Hemisphären: die centralere graue Substanz in ihnen wird man den ersteren, die oberflächlichere Anhäufung aber der Rinde analog setzen müssen. (Ueber die Deutung der Theile des Fischgehirns vgl. STIEDA a. a. O. XVIII, S. 60.)

marksnerven in vielseitige Verbindung gesetzt sind. Solche Verknüpfungen führen nothwendig einen verwickelteren Verlauf der Nervenfasern mit sich. Während die zur Herstellung dieser Verbindung erforderliche graue Substanz an Masse zunimmt, finden zugleich die verknüpfenden Faserbündel in der Peripherie derselben keinen zureichenden Platz mehr: so bleibt nur ein Theil der grauen Masse um die Centralhöhle gelagert, der übrige wird zur Kernformation zerklüftet. Indem auf diese Weise die graue Centralmasse in einzelne Herde sich sondert, scheiden sich zugleich deutlich solche Centralgebiete, die als unmittelbare Ursprungspunkte der Nerven dienen, von andern, die ausschließlich Fasern mit einander verknüpfen, welche von verschiedenen directen Ursprungsorten aus centralwärts verlaufen. Jene ersteren Anhäufungen grauer Substanz, aus denen unmittelbar peripherische Nervenfasern hervorkommen, pflegt man als Nervenkerne, die zweiten, welche zur Verbindung und Sammlung centralwärts verlaufender Fasern bestimmt sind, als Ganglienkerne zu bezeichnen. Der letztere Name hat darin seinen Grund, dass sich bei den höheren Wirbelthieren um einige dieser Kerne das Mark in besonderen, von der übrigen Hirnmasse theilweise getrennten Anhäufungen sammelt, welche man dann sammt den grauen Kernen, die sie umschließen, Hirnganglien nennt. Einige der ursprünglichen Hirnabtheilungen gehen mit einem großen Theil ihrer Masse in solche Hirnganglien über: so pflegt man die Sehhügel, die Vier- oder Zweihügel denselben zuzurechnen. Andere Hirnganglien entsprechen nicht ursprünglichen Hirnabtheilungen, sondern entstehen durch die Einstreuung grauer Kerne in den markigen Boden der Hirnhöhlen und bilden dann ebenfalls hügelähnliche Hervorragungen: so die bei den meisten Wirbelthieren mit Ausnahme der Säugethiere in den Höhlen der Zweihügel liegenden Hervorragungen und die Streifenhügel in den Seitenventrikeln der höheren Wirbelthiere. Uebrigens kommen auch graue Anhäufungen im Mark des Gehirns vor, welche sich nicht durch äußere Hervorragungen zu erkennen geben, und welche man doch wegen ihrer Beziehung zu den Markfasern den Ganglienkernen zurechnen muss.

Die dritte Formation der grauen Substanz, das Rindengrau, kann nicht mehr von der ursprünglichen Auskleidung des Medullarrohrs abgeleitet werden. Denn die Rinde des Vorderhirns und des Cerebellum geht aus den Wandungen der beiden Mantelbläschen hervor, mit welchen erst später die Markfasern des Stabkranzes in Verbindung treten. Es scheint also, dass die Zellen, die jene Wandungen zusammensetzen, von Anfang an nicht, wie die Wandzellen des Medullarrohrs und seiner Fortsetzungen im Hirnstamm, nach der Peripherie hin Faserfortsätze entsenden, sondern sich mit den vom Markkern her centralwärts in sie einstrahlenden Fasern



verbinden, vielleicht indem sie diese in ähnlicher Weise nur in sich aufnehmen wie die Zellen in den peripherischen Endgebilden, den Sinnesorganen, Muskeln, Drüsen. Die Zellen der Hirnrinde erscheinen so, wie sie physiologisch in gewissem Sinne ein Spiegelbild der Körperperipherie darstellen, auch genetisch als eine den peripherischen Organen gegenüberliegende Endfläche, in welche gleichwie in jene aus den grauen Kerngebilden die Fasern eintreten. Nach beiden Endflächen aber, der peripherischen und centralen, strahlen von dem eigentlichen Centrum des Nervensystems, von den grauen Massen der Höhlen- und Kernformation, die Leitungsbahnen in divergirender Richtung aus [1]).

Die bisher beschriebene Entwicklung ist bei allen Wirbelthieren zugleich mit Lageänderungen der primitiven Hirnabtheilungen gegen einander verbunden, in Folge deren das ganze Gehirn nach vorn geknickt wird und die einzelnen Abtheilungen des Stammhirns eine gegen einander geneigte Stellung annehmen. Diese Knickung, unbedeutend bei den niedersten Classen, nähert sich bei den höheren Ordnungen der Säugethiere mehr und mehr einer rechtwinkligen Beugung (vgl. Fig. 16 S. 44). Außerdem wird die Form des Gehirns dadurch modificirt, dass einzelne Hirnabtheilungen, insbesondere das Vorder- und Hinterhirn, durch ihr beträchtliches Wachsthum andere verdecken. Der Krümmungen des centralen Nervensystems kann man drei unterscheiden, von denen die erste der Uebergangsstelle des Rückenmarks in das Gehirn entspricht, die zweite am Hinterhirn, die dritte am Mittelhirn auftritt (Fig. 22).

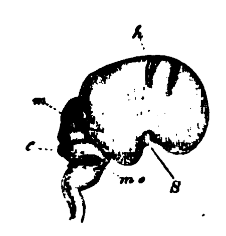


Fig. 22. Gehirn eines dreimonatlichen menschlichen Embryo von der Seite, nach Kölliker. *h* Hemisphäre. *m* Mittelhirn (Vierhügel). *c* Cerebellum. *mo* Verl. Mark. *S* Sylvische Grube.

Die Stärke dieser Krümmungen ist vorzugsweise durch das Wachsthum des Vorderhirns bedingt, daher mit der Entwicklung desselben die Kopfbeugung

1) Am Vorderhirn der niedersten Wirbelthierclassen, der Fische und Amphibien, kommt übrigens der graue Rindenbeleg in einer Form vor, in welcher derselbe einen Uebergang von der Kern- zur Rindenformation zu bilden scheint, indem die ganze Masse der Hemisphären von grauer Substanz durchsetzt ist, welche manchmal gegen die Oberfläche in etwas dichterer Lage sich ansammelt, zuweilen aber auch spärlicher wird, indem die meisten Nervenzellen nach innen gelagert sind (Stieda, Zeitschr. für wissensch. Zoologie, XVIII, S. 46 und XX, S. 306, vgl. ebend. Taf. XVIII, Fig. 24). Die solide oder (bei den Amphibien) wenig ausgehöhlte Hemisphäre hat hier noch eine ähnliche Structur, wie sie jenen Ganglien zukommt, welche sich auf dem Boden der Hirnhöhlen erheben. Die frühere Ansicht der Anatomen, wonach die soliden Hemisphären der Fische nur die Analoga der Streifenhügel sein sollten, findet daher in diesen Structurverhältnissen eine gewisse Berechtigung. Genetisch entsprechen sie jedoch offenbar den Streifenhügeln und den Hemisphären: die centralere graue Substanz in ihnen wird man den ersteren, die oberflächlichere Anhäufung aber der Rinde analog setzen müssen. (Ueber die Deutung der Theile des Fischgehirns vgl. Stieda a. a. O., XVIII, S. 60.)

ungefähr gleichen Schritt hält [1]). In den Anfängen der Entwicklung li
Vorderhirn bei allen Wirbelthieren vor den übrigen Hirnabthei
ohne dieselben zu bedecken. In dem Maße nun, als dieser Hi
durch sein Wachsthum die übrigen überflügelt, muss er, da seine
dehnung nach vorn durch die Festheftung des Embryo an der Kei
sich immer größere Widerstände entgegensetzen, nach hinten wa



Fig. 23. Wachsthum des menschl. Vorderhirns, von der Medianseite gesehen, halb schematisch nach Fr. Schmidt. 1. Embryo aus der 6. Woche, 2. aus der 8. Woche, 3. aus der 10. Woche, 4. aus der 16. Woche. *a* Monro'scher Spalt. *b* bis *d* Vordere Grenzlamelle desselben. *c* Hirnstiel. *e* Unterer Hemisphärenlappen. *i* Hintere Begrenzung des Monro'schen Spaltes. *k* Vordere Commissur. *g* Balken. *h* Randbogen. *h'* Aeußerer, *h''* innerer Theil desselben. *ff'* Längsfurche des Hemisphärenbläschens, welche die Bogenwindung begrenzt. *n* Riechlappen.

zunächst das Zwischenhirn, auch das Mittelhirn und e selbst das Cerebellum überw hierbei folgt er zugleich der krümmung, indem er mit se hintersten, das Mittel- und Hi hirn bedeckenden Theil sich beugt. Je stärker die Hemis wächst, um so weiter erst sich der umgebogene Theil wi gegen den Anfangspunkt se Wachsthums zurück, um so n nähert sich also der um das Z schenhirn beschriebene Bo einem vollständigen Kreise. diese Weise entsteht an der Ste wo die Hemisphäre dem Zwisch hirn als ihrem Stammtheil aufsi eine Vertiefung, die Sylvisc Grube (*S* Fig. 22), die, wenn si der Bogen des Wachsthums, w es an den entwickeltsten Säug thiergehirnen der Fall ist, nahezu vollständig schließt, zu einer engen u tiefen Spalte wird.

Die Umwachsung des Hirnstamms durch das Vorderhirn zieht al nothwendige Folge eine Umgestaltung der seitlichen Hirnkammern nac sich. Die letzteren, die ursprünglich, der Form des Hemisphärenbläschen entsprechend, einer Hohlkugel gleichen, buchten zuerst nach hinten und dann, sobald der Bogen der Hemisphärenwölbung wieder gegen seinen Ausgangspunkt zurückkehrt, nach unten und vorn sich aus. Dabei wächst die Außenwand des Seitenventrikels rascher als die innere oder mediane Wand desselben, welche den Hirnstamm umgibt. In dieser befindet sich ein anfänglich aufrecht stehender Schlitz, der Monro'sche Spalt (*a* Fig. 23),

1) Vergl. Rathke, Entwicklungsgeschichte der Natter, S. 34 u. f. His, Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes, S. 129, 133.

durch welchen die seitliche Hirnkammer mit der Höhle des Zwischenhirns, dem 3. Ventrikel, communicirt. Vor ihm sind die beiden Hemisphärenblasen durch eine Marklamelle verwachsen (*b d*). Indem nun das Vorderhirn die übrigen Hirntheile überwölbt, folgt der MONRO'sche Spalt sammt seiner vorderen Grenzlamelle dieser Bewegung. Im entwickelten Gehirn hat er daher die Form eines um das Zwischenhirn geschlungenen Bogens. Er schließt sich übrigens bald in seinem hinteren Abschnitt, nur der vorderste Theil bleibt offen: durch diesen treten Gefäßhautfortsätze aus dem dritten Ventrikel in die seitliche Hirnkammer. Von der vor ihm gelegenen weißen Grenzlamelle wird das unterste Ende zur vorderen Hirncommissur (*k*), der übrige der Hemisphärenwölbung folgende Theil ist die Anlage des Gewölbes. Unmittelbar über dem letzteren werden dann die beiden Hemisphären durch ein mächtiges, queres Markband, den Balken oder die große Commissur (*g*), mit einander vereinigt; der über dem Balken gelegene Theil der medianen Hemisphärenwand aber bildet ebenfalls einen Bogen, der durch eine besondere Furche *f f'* gegen seine Umgebung begrenzt ist: auf solche Weise entsteht der concentrisch zu dem Gewölbe verlaufende Randbogen (*h*), dessen vordere Abtheilung zur Bogenwindung wird, während die hintere in ein mit der Bogenwindung zusammenhängendes Gebilde übergeht, das von der medianen Seite her in die seitliche Hirnkammer vorragt und das Ammonshorn genannt wird. Auf die nähere Beschreibung dieser Theile, die erst im Säugethierhirn zur Entwicklung gelangen, werden wir unten bei der speciellen Betrachtung zurückkommen.

2. Rückenmark.

Das Medullarrohr, aus welchem das Rückenmark sich entwickelt, ist ursprünglich eine von Flüssigkeit erfüllte Röhre, deren Wandung auf ihrer inneren Seite von Bildungszellen bedeckt ist. Die letzteren wachsen und vermehren sich, einige nehmen den Charakter von Bindegewebszellen an und liefern eine formlose Intercellularsubstanz, andere werden zu Nervenzellen, indem sie Ausläufer sprossen lassen, die theils unmittelbar in die Fasern peripherischer Nerven übergehen, theils sich unter fortgesetzter Spaltung in ein Endfasernetz auflösen, in welchem wahrscheinlich centrale und peripherische Nervenfasern wurzeln. Indem alle diese Fasern vorzugsweise nach der Peripherie des Medullarrohrs hervorsprossen, rücken die zelligen Gebilde gegen das Centrum der Höhle hin (Fig. 24). Entsprechend der bilateralen Symmetrie der Körperanlage sammeln sich von Anfang an sowohl die nervösen Zellen, wie die aus ihnen rechts und links hervor-

gehenden Nerven in symmetrische Gruppen. Jede dieser Gruppen zerfällt aber gemäß der Verbindung der Nerven mit zwei verschiedenen Theilen der Keimanlage wieder in zwei Unterabtheilungen. Diejenigen Zellen und Fasern, welche mit dem Hornblatt, der Uranlage der Sinneswerkzeuge und der sensibeln Körperbedeckung in Verbindung treten, ordnen sich in eine hintere, durch ihre Lage den ihnen zugetheilten Keimgebilden genäherte Gruppe. Jene Nervenelemente dagegen, welche zur quergestreiften Muskulatur treten, sammeln sich in eine vordere, der animalen Muskelplatte entsprechende Gruppe. So kommt es, dass die durch den Zusammentritt der Zellen gebildete graue Substanz rechts und links in Gestalt einer hinteren und einer vorderen Säule auftritt, welche ringsum von weißer oder Markmasse umgeben sind. Man nennt diese Säulen nach der Form, die sie auf senkrechten Durchschnitten darbieten, die **hinteren** und die **vorderen Hörner**; eine besondere Abzweigung der letzteren bilden die **seitlichen Hörner**. In der Mitte hängt das hintere Horn jeder Seite mit dem vorderen zusammen. Ebenso ordnen sich die austretenden Nervenwurzeln jederseits in zwei Reihen: in die **hinteren oder sensibeln** und in die **vorderen oder motorischen** (Fig. 24 *e* und *f*, Fig. 25 *H.W.* und *V.W.*). Die centrale Höhle nimmt in Folge dieser Wachsthumsverhältnisse zunächst die Gestalt eines Rhombus an, der sich nach vorn und hinten in eine Spalte fortsetzt (Fig. 24 *cm*). Bald schließt sich die hintere Spalte fast ganz, die vordere bleibt deutlicher, sie wird aber durch Nervenfasern geschlossen, welche von einer Seite des Marks zur andern herübertretend die **vordere oder weiße Commissur** bilden. Diese, die anfänglich nahe der vorderen Fläche liegt (Fig. 24 *h*), rückt allmählich in die Tiefe (Fig. 25). Hinter ihr bleibt der Rest der centralen Höhle als ein äußerst enger Canal, **der Centralcanal** des Rückenmarks, bestehen, um welchen die beiden Ansammlungen der grauen Substanz mit einander in Verbindung treten (Fig. 25 *A*). Durch die vordere und hintere Spalte *(Fiss. med. ant. et post.)* ist das Rücken-

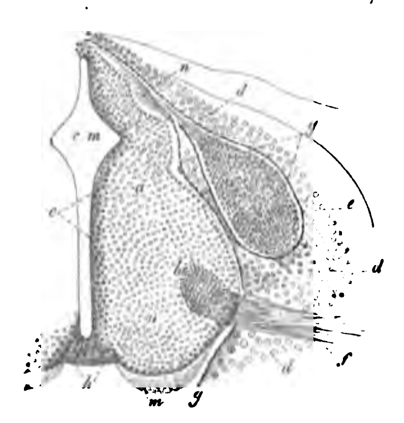
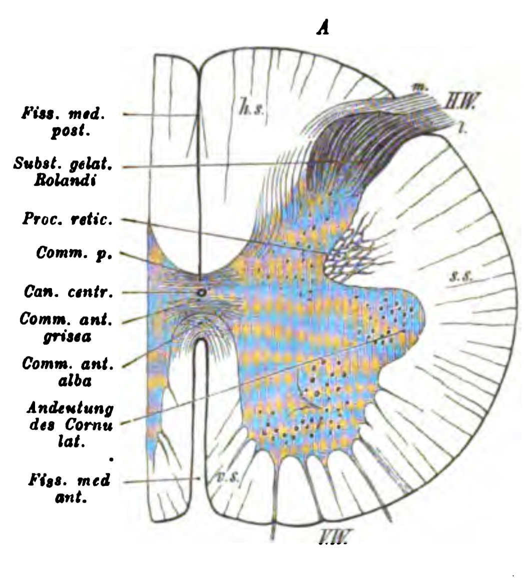


Fig. 24. Querschnitt des embryonalen Rückenmarks. (Vom Schafembryo, nach Bidder und Kupffer.) *cm* Die in der Schließung begriffene Centralhöhle. *c* Epithel derselben. *a* Die graue Substanz, welche fast den ganzen Querschnitt des Rückenmarks noch einnimmt. *b* Ursprungsstelle der vordern Wurzeln *f*. *e* Spinalganglion mit der aus ihm hervorkommenden hinteren Wurzel. *m* Anlage des Vorder- und Seitenstrangs. *n* Anlage des Hinterstrangs. *h* Vordere Commissur. *g* Hülle des Spinalganglions und des Rückenmarks. *d* Anlage des Rückenwirbels.

mark in zwei symmetrische Hälften getrennt; jede dieser Hälften wird durch die austretenden Nervenwurzeln in drei Stränge geschieden (Fig. 25 *B*). Den zwischen der hinteren Medianspalte und der hinteren Wurzelreihe liegenden Markstrang nennt man den Hinterstrang (*hs*), den zwischen der vorderen Medianspalte und der vorderen Wurzelreihe liegenden den Vorderstrang (*vs*), endlich denjenigen Strang, der zwischen den beiden Wurzelreihen in die Höhe zieht, den Seitenstrang (*ss*). In diesen Marksträngen verlaufen die Nervenfasern großentheils vertical in der Richtung der Längsaxe des Rückenmarks. Nur die Stelle im Grunde der vorderen Medianspalte wird von den oben erwähnten horizontal und schräg verlaufenden Kreuzungsfasern der vorderen Commissur, eingenommen; ebenso sind in der Nähe der eintretenden Nervenwurzeln, als unmittelbare Fortsetzungen derselben in das Mark, horizontale und schräge Fasern zu finden. Die grauen Hörner sind von abweichender Gestalt, die vorderen sind breiter und kürzer, namentlich im Lendentheil des Rückenmarks, die hinteren länger und schmäler. In jenen findet sich eine Menge großer multipolarer Ganglienzellen, in diesen beobachtet man nur kleinere Zellen, auch besteht ein großer Theil der hinteren Hörner aus nervöser Punktsubstanz und den sie durchsetzenden



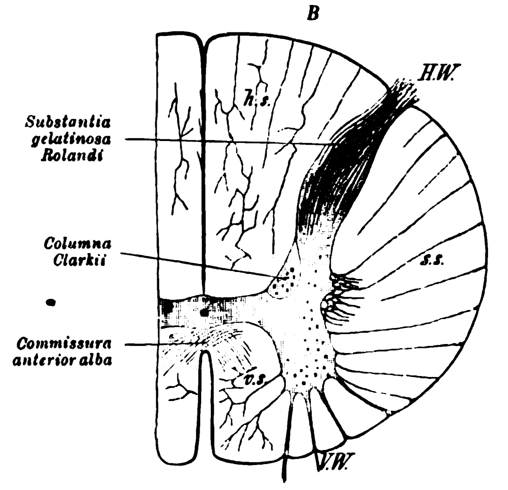


Fig. 25. Querschnitt des Rückenmarks vom Menschen, 9mal vergr. Nach Gegenbaur. *A* aus der Lendenanschwellung, *B* aus dem Brusttheil des Rückenmarks.

Fibrillen. Hierdurch zeigen die hinteren Hörner namentlich gegen ihren äußeren Umfang ein helleres Ansehen; man pflegt diese Region die gelatinöse Substanz zu nennen *(Subst. gelat. Rolandi)*. Nach innen von ihr bemerkt man, einer Ansammlung rundlicher Ganglienzellen entsprechend, beiderseits eine compactere Säule grauweißer Substanz, die so genannten Clarke'schen Säulen, welche vom Ende des Halsmarks an bis in die Lendenanschwellung sich erstrecken. Während die directen Ursprungspunkte der hinteren Wurzeln im Mark spärlicher mit nervösen Zellen ausgestattet scheinen als die der vorderen, findet sich dort ein Lager ansehnlicher bipolarer Ganglienzellen in den Verlauf der Nervenfasern nach ihrem Austritt aus dem Mark hinausgeschoben und bildet so die Spinalganglien der hinteren Wurzeln (*e* Fig. 24). Die hinteren Stränge sind nicht wie die vorderen durch weiße Markfasern verbunden, dagegen ziehen in der grauen Substanz hinter dem Centralcanal schmale Fasern von einem Hinterhorn zum andern und bilden so die hintere oder graue Commissur (*Comm. post.*). Aehnliche graue Fasern umgeben den ganzen Centralcanal, dessen Binnenraum bedeckt ist von einer einfachen Lage Cylinderepithel. Zu diesem ist ein kleiner Rest der ursprünglich die Höhle des Medullarrohrs auskleidenden Bildungszellen verwendet worden.

So lange die Entwicklung der Centralorgane auf die Ausbildung des Rückenmarks beschränkt bleibt, ist damit eine gewisse Gleichförmigkeit der gesammten Organisation nothwendig verbunden. Indem in der ganzen Länge des Rückenmarks dieselbe Anordnung der Elementartheile und dasselbe Ursprungsgesetz der Nervenfasern sich wiederholen, müssen auch die sensibeln Flächen, die Bewegungsapparate, die von jenem Centralorgane beherrscht sind, der nämlichen Gleichförmigkeit ihrer Verbreitung und Ausbildung unterworfen sein. So hat sich denn in der That beim Embryo, so lange sein centrales Nervensystem nur aus dem Medullarrohr besteht, noch keines der höheren Sinnesorgane entwickelt, die Anlagen der sensibeln Körperoberfläche und des Bewegungsapparates sind gleichförmig um die centrale Axe vertheilt, nur die Stelle, wo die stärkeren Nervenmassen zu den Hinterextremitäten hervorsprossen, ist schon frühe durch eine Erweiterung der Primitivrinne, den Sinus rhomboidalis, die nachherige Lendenanschwellung, angedeutet. Zu ihr gesellt sich später eine ähnliche, übrigens schwächere Verdickung des Medullarrohrs an der Abgangsstelle der vorderen Extremitätennerven, die Cervicalanschwellung[1]. Eine ähnliche Gleichförmigkeit der Organisation begegnet uns als bleibende

---

1) Bei den Vögeln wird der Sinus rhomboidalis zeitlebens nicht durch Nervenmasse geschlossen und bleibt daher als eine hinten offene Grube bestehen, ähnlich wie bei allen Wirbelthieren die Fortsetzung des Centralcanals im verlängerten Mark, die Rautengrube.

Eigenschaft bei dem niedersten Wirbelthier, bei welchem sich die Ausbildung des centralen Nervensystems auf das Medullarrohr beschränkt, beim Amphioxus lanceolatus. Das Sehorgan dieses hirnlosen Wirbelthieres besteht aus zwei kleinen Pigmentflecken, das Geruchsorgan aus einer unpaaren becherförmigen Vertiefung am vorderen Leibesende, ein Gehörapparat ist bei ihm nicht nachgewiesen. So sind hier gerade diejenigen Organe in ihrer Entwicklung zurückgeblieben, welche für die erste Ausbildung der von dem Rückenmark sich absondernden höheren Centraltheile vorzugsweise bestimmend scheinen.

3. Verlängertes Mark.

Bei den niederen Wirbelthieren ist der äußere Verlauf der Faserbündel noch wenig von demjenigen im Rückenmarke verschieden, nur die Hinterstränge lassen aus einander weichend die Rautengrube zu Tage treten (Fig. 17 und 18, S. 46), und auf Durchschnitten zeigen sich die grauen Hörner von der centralen grauen Substanz getrennt und in den Verlauf der Vorder- und Hinterstränge hineingeschoben. Uebrigens weicht

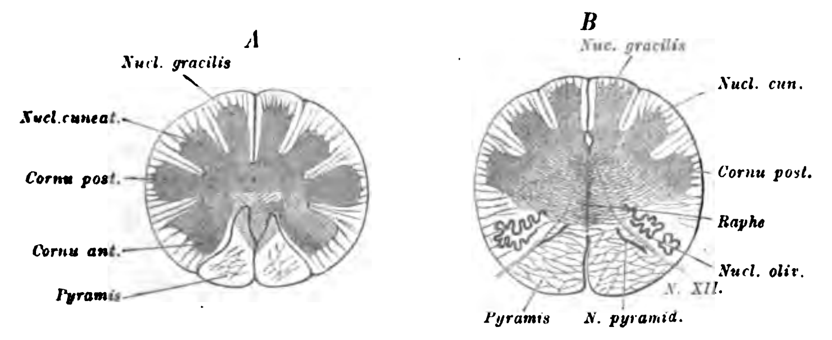


Fig. 26. Querschnitte des verl. Marks vom Menschen, 2mal vergr. Nach Gegenbaur. A aus dem unteren Theil desselben, B aus dem oberen Theil nahe vor Eröffnung der Rautengrube.

das verlängerte Mark bei den Fischen verhältnissmäßig mehr vom Rückenmark ab, als bei den sonst in ihrem Gehirnbau höher stehenden Amphibien und Vögeln; häufig ist es äußerlich durch seichte Furchen in mehrere Stränge geschieden, die den relativ beträchtlichen Nervenkernen im Innern entsprechen [1]).

Bei den Säugethieren kann man zwar wie am Rückenmark Vorder-,

1) Owen, Anatomy of vertebrates, vol. III. p. 273. Stieda, Zeitschr. f. wiss. Zool. XVIII. Taf. II. Fig. 20 und 21.

Seiten- und Hinterstränge unterscheiden, dieselben haben aber hier besondere Namen erhalten, weil sie theils durch den verwickelteren Verlauf der Fasern, theils durch das Auftreten von Ganglienkernen in ihrem Innern wesentlich von den entsprechend gelagerten Rückenmarkssträngen verschieden sind, auch großentheils nicht die unmittelbaren Fortsetzungen derselben darstellen. Die vorderen Stränge heißen Pyramiden; im unteren Theil ihres Verlaufs kreuzen sich deren Bündel, so dass die vordere Mittelspalte ganz zum Verschwinden kommt (Fig. 26 *A*, Fig. 27 *p*). Diese Kreuzung erscheint wie eine mächtigere Wiederholung der in der vorderen Commissur stattfindenden Kreuzung der Vorderstränge des Rückenmarks. An ihrem oberen Ende, wo die Pyramiden einen bandförmigen Streifen grauer Substanz einschließen (*N. pyramid.* Fig. 26 *B*), werden dieselben zu beiden Seiten von den so genannten Oliven begrenzt (Fig. 26 *B*, Fig. 27 *o*); letztere sind durch einen mächtigen Ganglienkern, der auf Durchschnitten eine gezahnte Gestalt besitzt (*n d*) und daher der gezahnte Kern (nucleus dentatus) heißt, zu deutlich hervortretenden Erhabenheiten ausgedehnt. Die vertical aufsteigenden Faserbündel, von welchen

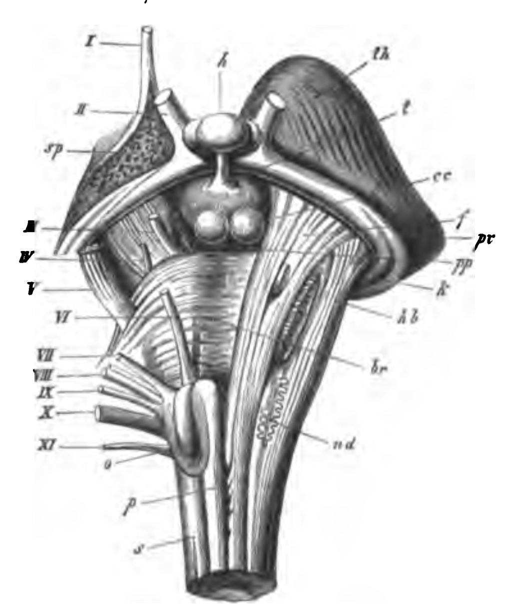


Fig. 27. Vordere Ansicht des verlängerten Marks vom Menschen, mit der Brücke und den angrenzenden Theilen der Hirnbasis. Links ist die Fortsetzung der Rückenmarksstränge durch die Brücke in den Hirnschenkel durch Zerfaserung dargestellt und die untere Fläche des Sehhügels bloßgelegt. *p* Pyramide. *o* Olive. *s* Seitenstrang. *nd* Gezahnter Kern der Olive. *br* Hirnbrücke. *f* Fuß des Hirnschenkels. *hb* Haube des Hirnschenkels. Beide sind durch ein tiefes Querfaserbündel der Brücke, welches quer durchschnitten wurde, von einander getrennt. *cc* Weiße Hügelchen (corpora candicantia). *t* Grauer Hügel mit dem Hirntrichter. *h* Hirnanhang. *th* Sehhügel. *pv* Polster (pulvinar) des Sehhügels. *k* Kniehöcker. *sp* Vordere durchbrochene Substanz. *pp* Hintere durchbrochene Substanz. *I—XI* Erster bis elfter Hirnnerv. *I* Riechnerv. *II* Sehnerv. *III* Gemeinsamer Augenmuskelnerv (Oculomotorius). *IV* Oberer Augenmuskelnerv (Trochlearis). *V* Dreigetheilter Hirnnerv (Trigeminus). *VI* Aeußerer Augenmuskelnerv (Abducens). *VII* Antlitznerv (Facialis). *VIII* Hörnerv (Acusticus). *IX* Zungenschlundkopfnerv (Glossopharyngeus). *X* Lungenmagennerv (Vagus). *XI* Beinerv (Accessorius).

diese Kerne umschlossen sind, pflegt man als Hülsenstränge zu bezeichnen. Die Seitenstränge (*s* Fig. 27 und 28) werden vom unteren Ende

des verlängerten Marks an schwächer, um endlich ungefähr in der Höhe, in der sich die Rautengrube eröffnet, ganz in der Tiefe zu verschwinden. Dafür nehmen die Hinterstränge äußerlich an Umfang zu; im unteren Abschnitt der medulla oblongata werden sie durch eine seichte Furche in eine innere und äußere Abtheilung, den zarten und keilförmigen Strang (*f g* und *f c* Fig. 28) geschieden, welche am unteren Ende der Rautengrube kolbige Anschwellungen besitzen, die von grauen Kernen in ihrem Innern herrühren (*Nucl. gracil.* und *cuneatus* Fig. 26). Weiter nach oben scheinen sich dann beide Abtheilungen in die Stränge fortzusetzen, welche beiderseits die Rautengrube begrenzen. Diese werden die strickförmigen Körper genannt (*pi* Fig. 28): sie sind der Masse nach die bedeutendsten Stränge des verlängerten Marks, enthalten ebenfalls graue Kerne in ihrem Innern und zeichnen sich durch den verschlungenen, geflechtartigen Verlauf ihrer Fasern aus. Nach oben treten die strickförmigen Körper vollständig in das Mark des kleinen Gehirns ein, sie bilden die unteren Stiele dieses Organs. Zwischen ihnen kommen auf dem Boden der Rautengrube, unmittelbar bedeckt von der Höhlenformation der grauen Substanz, zwei Stränge zum Vorschein, welche die nach

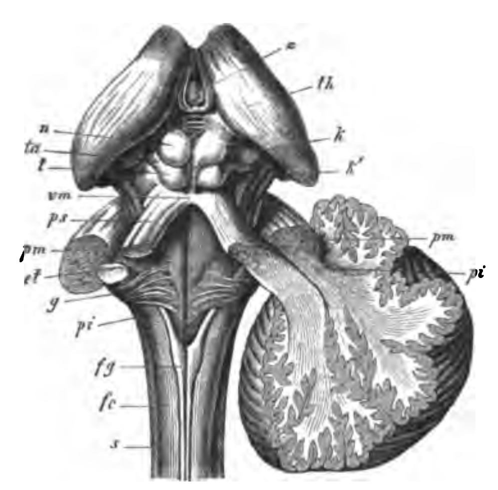


Fig. 28. Hintere Ansicht des verl. Marks vom Menschen mit den Vier- und Sehhügeln und den Kleinhirnschenkeln. Auf der rechten Seite ist die Ausstrahlung der Kleinhirnschenkel im kleinen Gehirn dargestellt. *fg* Zarter Strang (funiculus gracilis). *fc* Keilförmiger Strang (fun. cuneatus). *s* Seitenstrang. Indem diese Stränge divergiren, lassen sie die Rautengrube hervortreten, auf deren Boden die runden Erhabenheiten *et*, in der Mitte durch eine Längsfurche getrennt, sichtbar sind. *g* Gürtelfasern (fibrae arcuatae). *pi* Untere Kleinhirnstiele (strickförmige Körper). *pm* Mittlere Kleinhirnstiele (Brückenarme). *ps* Obere Kleinhirnstiele (Bindearme des kl. Gehirns zum großen). *t* Hinteres, *n* vorderes Vierhügelpaar (testes und nates). *ta* Hintere Vierhügelarme. *th* Sehhügel. *k* Innerer, *k'* äußerer Kniehöcker. *z* Zirbel (conarium).

vorn vom Centralcanal gelegenen Theile des Rückenmarks, also die Vorderhörner nebst den in der Tiefe gelegenen Theilen der Vorderstränge, fortzusetzen scheinen. Diese den Boden der Rautengrube ausfüllenden, zumeist aus grauer Substanz bestehenden Gebilde heißen wegen ihrer convex gewölbten Form die runden Stränge oder runden Erhabenheiten (eminentiae teretes *e t*); ihre graue Substanz hängt mit den

meisten Nervenkernen des verlängerten Marks zusammen, doch sind einzelne der letzteren in Folge der Zerklüftung des Marks durch weiße Stränge weiter von der Mittellinie entfernt und isolirt worden. Zu allen hier geschilderten Gebilden kommt noch schließlich als weitere Folge der veränderten Structurbedingungen eine neue Formation von Fasergruppen, welche in querer Richtung das Mark umschlingen, zum Theil in die vordere Mittelspalte sowie in die Furche zwischen den Pyramiden und Oliven eintreten, zum Theil über die Rautengrube hinziehen und so im ganzen einen sehr verwickelten Verlauf nehmen. Das Auftreten dieses zonalen Fasersystems (stratum zonale, fibrae arcuatae, *g*) scheint von den gleichen Bedingungen abzuhängen, in denen die Zerklüftung der grauen Substanz ihren Grund hat, von dem Erforderniss nämlich, die Centralherde verschiedenartiger Faserstränge mit einander in Verbindung zu setzen.

In Folge der erörterten Verhältnisse hält im verlängerten Mark der äußere Ursprung der peripherischen Nerven nicht mehr die einfache Regel ein wie im Rückenmark, sondern die Nervenwurzeln erscheinen mehr oder weniger verschoben. Zwar treten sie noch annähernd in zwei Längsreihen, einer vorderen und hinteren, hervor, aber nur aus der vorderen Seitenfurche kommen ausschließlich motorische Wurzelfasern, die des zwölften Hirnnerven oder Zungenfleischnerven, aus der hinteren oder wenigstens ihr sehr genähert entspringen dagegen sowohl sensible wie motorische Bündel, nämlich die Wurzeln aller übrigen Hirnnerven, mit Ausnahme des Riech- und Sehnerven und der beiden vorderen, ebenfalls in ihrem Ursprung weiter nach vorn verlegten Augenmuskelnerven (vgl. Fig. 27 u. 32[1]).

4. Kleinhirn.

Am vorderen Ende des verlängerten Marks tritt eine weitere wesentliche Umgestaltung der bisherigen Formverhältnisse ein durch das hier aus der Anlage des dritten Hirnbläschens hervorgewachsene Kleinhirn. Das letztere entfernt sich auf der niedrigsten Stufe seiner Bildung (Fig. 17 und 18) äußerlich noch wenig von der Beschaffenheit seiner ursprünglichen Anlage: es überbrückt als eine quere Leiste das obere Ende der Rautengrube und nimmt beiderseits die strickförmigen Körper in sich auf, während nach oben eine Markplatte zum Mittelhirn aus ihm entspringt (Fig. 20, S. 47), beiderseits aber quere Faserzüge hervorkommen, welche gegen die untere Fläche des verlängerten Marks verlaufen und sich theils mit einander, theils mit den senkrecht aufsteigenden Faserzügen der Pyra-

1) Nerv. oculomotorius und trochlearis. Der dritte Augenmuskelnerv (abducens) entspringt noch aus dem vordersten Theil des verl. Marks.

miden- und Olivenstränge zu kreuzen scheinen. Diese Verbindungsverhältnisse bleiben, auch nachdem das Kleinhirn eine weitere Ausbildung erlangt hat, die nämlichen. Die aus den strickförmigen Körpern in dasselbe eintretenden Bündel sind die unteren Kleinhirnstiele (processus ad med. oblongatam, *p i* Fig. 28), die aus ihm nach oben zum Mittelhirn tretenden Markfasern sind die oberen Kleinhirnstiele (processus ad corpora quadrigemina oder ad cerebrum, *p s*). Die letzteren werden durch eine dünne Markplatte vereinigt, welche die Rautengrube von oben bedeckt: das obere Marksegel (velum medullare superius, *v m*); dasselbe verbindet unmittelbar das Mark des kleinen Gehirns mit der nächsten Hirnabtheilung, dem Mittelhirn oder den Vierhügeln. Die aus den beiden Seiten des Kleinhirns hervorkommenden Markstränge endlich bilden die mittleren Kleinhirnstiele oder Brückenarme (processus ad pontem, *p m*). Das durch die Vereinigung der letzteren und ihre Kreuzung mit den longitudinal aus dem verlängerten Mark aufsteigenden Marksträngen an der Basis des Hinterhirns entstehende Gebilde wird die Brücke (pons Varoli, *b r* Fig. 27) genannt. Sie stellt ein Verbindungsglied dar einerseits in longitudinaler Richtung zwischen Nachhirn und Mittelhirn, andererseits in horizontaler Richtung zwischen den beiden Seitenhälften des Cerebellum. Aber während die vorderen und hinteren Kleinhirnstiele schon bei der primitivsten Ausbildung des Kleinhirns deutlich zu beobachten sind, gewinnen die mittleren erst in Folge der fortgeschrittenen Entwicklung dieses Hirntheils, namentlich seiner Seitentheile, eine solche Mächtigkeit, dass dadurch die Brücke als besonderes Gebilde zu unterscheiden ist. Noch bei den Vögeln, ebenso bei allen niederen Wirbelthieren bemerkt man an der Stelle derselben fast nur die longitudinalen Fortsetzungen der Vorder- und Seitenstränge des verlängerten Marks (Fig. 29 *B*). Von den Stellen an, wo die Stiele des Kleinhirns hinten, vorn und seitlich in dasselbe eintreten, strahlen die Markfasern gegen die Oberfläche dieses Organs aus.

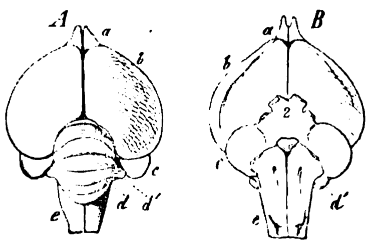


Fig. 29. Gehirn des Haushuhns, nach C. G. Carus. *A* obere, *B* untere Ansicht. *a* Riechkolben. *b* Großhirn. *c* Zweihügel. *d* Kleinhirn. *d'* Dessen rudimentäre Seitentheile. *e* Verl. Mark. *2* Nerv. opticus.

Die morphologische Ausbildung des Cerebellum vollzieht sich verhältnissmäßig frühe. Bei allen Wirbelthieren ist dieser hintere Abschnitt des Hirnmantels von grauer Rinde bedeckt, welche deutlich von der das Innere einnehmenden Markfaserstrahlung geschieden ist, und schon bei den niedersten Wirbelthieren, den Fischen, zerfällt die Rinde des Kleinhirns in einige durch ihre verschiedene Färbung ausgezeichnete Schichten.

Im Cerebellum der Amphibien finden sich bereits Gruppen von Nervenzellen als erste Spuren von Ganglienkernen in den Verlauf der Markfasern eingeschoben, diese mehren sich bei den Vögeln, während zugleich an der Rinde die Schichtenbildung deutlicher ist und durch Faltung der Oberfläche eine Massezunahme der Rindenelemente möglich wird [1] (Fig. 20 u. 29).

Eine weitere Formentwicklung erfährt endlich das Cerebellum bei den Säugethieren, indem neben einem unpaaren mittleren Theil, welcher wegen seiner in quere Falten gelegten Oberfläche den Namen des Wurmes trägt, stärker entwickelte symmetrische Seitentheile vorhanden sind, die freilich bei den niedersten Säugern noch hinter dem Wurm zurücktreten, bei den höheren aber denselben von allen Seiten umwachsen (Fig. 30). Mit den Seitentheilen entwickeln sich auch die bei den niederen Wirbelthieren nur als schwache Querfaserzüge zur Medulla oblongata angedeuteten Brückenarme zu größerer Mächtigkeit. Die Querfalten der grauen Oberfläche nehmen an Menge zu und bieten auf Durchschnitten das Bild einer zierlichen Baumverzweigung, genannt Lebensbaum (arbor vitae, *av* Fig. 30).

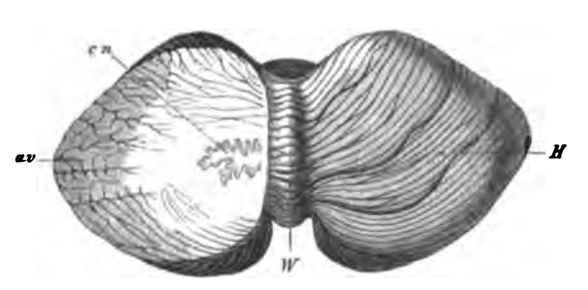


Fig. 30. Obere Ansicht des Kleinhirns vom Menschen. Auf der linken Seite ist durch einen Schrägschnitt der gezahnte Kern *cn* und der Lebensbaum *av* bloßgelegt. *W* Wurm. *H* Rechte Hemisphäre.

Zugleich treten in der Markfaserstrahlung des Kleinhirns mächtigere Ganglienkerne auf. So findet sich in jeder Seitenhälfte ein dem Olivenkern ähnlicher gezahnter Kern (nucleus dentatus cerebelli, *cn*) [2]. Andere Nester grauer Substanz von analoger Bedeutung sind in der Brücke zerstreut; ihre Zellen sind zwischen den verschiedenen hier sich kreuzenden Faserbündeln eingeschoben.

5. Mittelhirn.

Das Mittelhirn, die den Vierhügeln der Säugethiere, den Zweihügeln oder lobi optici der niederen Wirbelthiere entsprechende Abthei-

1) Stieda, Zeitsch. f. wissensch. Zool. XVIII, S. 34. 39 und XX, 273.

2) Einige weitere kleine Kerne, von Stilling als Dachkern, Kugelkern und Pfropf beschrieben, liegen in der Markplatte, welche die beiden Kleinhirnhemisphären verbindet. Stilling, Neue Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns des Menschen, S. 169 u. 238. Cassel 1878.

lung des Hirnstamms (*t*, *n* Fig. 28, *d* Fig. 17), enthält, da es kein Nebenbläschen, also keinen Manteltheil entwickelt, nur zwei Formationen grauer Substanz, Höhlen- und Kernformation. Die erstere umgibt als eine Schichte von mäßiger Dicke die Sylvische Wasserleitung; die vordersten Nervenkerne (des Oculomotorius, Trochlearis und der oberen Quintuswurzel) stehen mit ihr in Verbindung. Ganglienkerne finden sich theils innerhalb der Zwei- oder Vierhügel, theils in den Verlauf der unter der Sylvischen Wasserleitung hingehenden Markstränge eingestreut. Diese paarigen, in der Mitte aber zusammenhängenden Markmassen, welche zunächst als Fortsetzungen der Vorder- und Seitenstränge des verlängerten Marks erscheinen, dann aber sich durch weitere longitudinale Faserzüge verstärken, die aus den Vier- und Sehhügeln hervorkommen, werden während ihres ganzen Verlaufs von der Medulla oblongata an bis zum Eintritt in die Hemisphären die Hirnschenkel genannt. Das Säugethiergehirn enthält in dem zum Mittelhirngebiet gehörigen Theil der Hirnschenkel zwei deutlich umschriebene Ganglienkerne, von denen der eine, durch seine dunkle Färbung ausgezeichnet, die schwarze Substanz (substantia nigra, Sömmering) heißt (*s n* Fig. 31). Er trennt jeden Hirnschenkel in einen unteren,

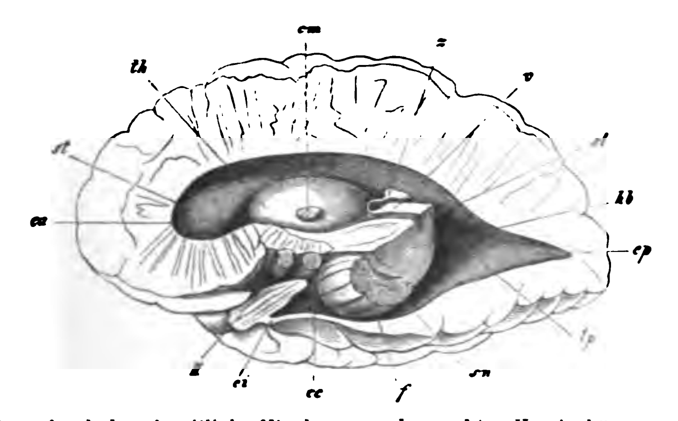


Fig. 31. Hirnschenkel und seitliche Hirnkammer der rechten Hemisphäre vom Menschen. *f* Fuß des Hirnschenkels. *sn* Schwarze Substanz. *hb* Haube. *sl* Schleife. *v* Vierhügelplatte. *z* Zirbel. *th* Sehhügel. *cm* Mittlere Commissur. *cc* Corpus candicans. *st* Streifenhügel. *ca* Vorderes, *cp* hinteres, *ci* unteres Horn der seitlichen Hirnkammer. *tp* Balkentapete. *II* Sehnerv.

zugleich mehr nach außen gelegenen Theil, den Fuß (basis pedunculi, *f* Fig. 31 und 27), und in einen oberen, mehr der Mittellinie genäherten Theil, die Haube oder Decke (tegmentum pedunculi, *h b* ebend.). Der oberste und innerste Theil der Haube, welcher als ein am vorderen Ende schleifenförmig gewundenes Markband unmittelbar die Vierhügel trägt, wird Schleife (laqueus) genannt (*s l* Fig. 31). Ein zweiter Kern befindet

sich inmitten der Haube und wird, ebenfalls wegen seiner Farbe, als der rothe Kern derselben (nucleus tegmenti) bezeichnet (*h b* Fig. 36). Auf den Hirnschenkeln sitzen nun die Vierhügel (*v* Fig. 31), nach hinten mit dem oberen Kleinhirnstiel zusammenhängend, nach vorn und seitlich Markfasern abgebend, die theils der Haube des Hirnschenkels sich beimischen, theils in die Sehhügel übergehen, theils endlich die Ursprünge der Sehnerven bilden. Die Verbindung mit den Sehhügeln und mit den Sehnerven wird bei den Säugethieren durch die Vierhügelarme vermittelt (*t a* Fig. 28). Das vordere Vierhügelpaar hängt nämlich durch die vorderen Arme mit den Sehhügeln, das hintere durch die hinteren Arme mit dem inneren Kniehöcker zusammen. In dem Zwischenraume zwischen vorderem Vierhügelpaar und hinterem Ende der Sehhügel liegt die Zirbel (conarium) eingesenkt (*z* Fig. 28 und 31), ein gefäßreiches Gebilde, welchem genetisch wahrscheinlich die Bedeutung eines rudimentären Organs zukommt: man vermuthet in ihm den centralen Rest eines median gelegenen Sehorgans der Urwirbelthiere. Bei den Säugethieren sind die Vierhügel, wie schon früher (S. 48) bemerkt, vollkommen solide Gebilde. Sie sind durch eine Markplatte verbunden, welche nach hinten unmittelbar in das obere Marksegel und nach vorn in die an der Grenze zwischen Vier- und Sehhügeln gelegene hintere Commissur übergeht (*c p* Fig. 33).

6. Zwischenhirn.

Das Zwischenhirn oder Sehhügelgebiet (thalami optici) steht bei allen niederen Wirbelthieren an Größe hinter dem Mittelhirn zurück (*f* Fig. 17, S. 46), erst bei den Säugethieren übertrifft es das letztere (*t h* Fig. 27, 28 und 31); doch erstreckt sich bei den Fischen eine paarige Verlängerung des Zwischenhirns nach unten zur Hirnbasis und tritt hier in Gestalt zweier halbkugeliger Erhabenheiten hervor, die unter den lobi optici und etwas nach vorn von denselben liegen. Es sind dies die unteren Lappen (lobi inferiores) des Fischgehirns (*l i* Fig. 21, S. 48). Sie enthalten einen Hohlraum, welcher mit dem dritten Ventrikel, jener spaltförmigen Oeffnung, die in Folge des vorderen Deckenrisses das Zwischenhirn in die beiden thalami trennt, in Verbindung steht. Wo die lobi inferiores zusammenstoßen, hängt an ihnen ein unpaares Gebilde, der Hirnanhang (hypophysis cerebri, ebend. *h*), welches nur in seiner oberen Hälfte eine Ausstülpung des Zwischenhirns, in seiner unteren dagegen ein Rest embryonalen Gewebes ist, das ursprünglich dem oberen Ende des Schlundes angehörte und bei der Entwicklung der Schädelbasis mit dem Zwischenhirn verbunden blieb. Die Hypophysis bleibt auch bei

den höheren Wirbelthieren bestehen, bei welchen in Folge der mächtigeren Entwicklung der Hirnschenkel die lobi inferiores ganz verschwunden sind (*h* Fig. 32). Hier kommt die ganglıöse Substanz des Zwischenhirns an der Hirnbasis nur noch zwischen den aus einander weichenden Hirnschenkeln in Gestalt einer grau gefärbten Erhabenheit, des **grauen**

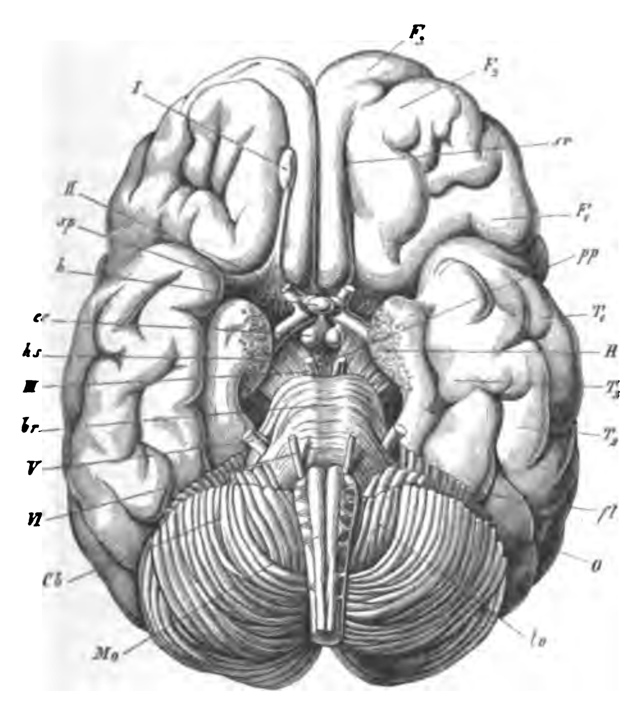


Fig. 32. Basis des menschlichen Gehirns. *Mo* Verl. Mark. *Cb* Untere Fläche des Kleinhirns. *fl* Flocke. *to* Tonsille. *br* Brücke. *hs* Hirnschenkel. *cc* Weiße Hügelchen. *h* Hirnanhang. *sp* Vordere durchbrochene Substanz (Riechfeld). *pp* Hintere durchbrochene Substanz (zwischen den auseinander weichenden Hirnschenkeln). *I* Riechnerv mit dem bulbus olfactor. (Auf der linken Hirnseite ist derselbe entfernt.) *II* Sehnerv. *III* Nerv. oculomotorius. *V* Trigeminus. *VI* Abducens. F_3 Untere Stirnwindung. F_2 Mittlere Stirnwindung. *sr* Riechfurche. F_1 Obere Stirnwindung. T_1 Obere, T_2 mittlere und T_3 untere Schläfenwindung. *O* Hinterhauptswindung. *H* Hippokampischer Lappen.

Höckers (tuber cinereum), zum Vorschein, der nach vorn gegen die Hypophysis hin mit einer trichterförmigen Verlängerung, dem **Hirntrichter** (infundibulum), zusammenhängt (*i* Fig. 18, *t* Fig. 27). Der Trichter enthält eine enge Höhle, die nach oben mit dem dritten Ventrikel communicirt. Der Eintritt kleiner Blutgefäße verleiht der grauen Substanz zwischen den Hirnschenkeln ein siebförmig durchbrochenes Ansehen, daher man diese Stelle als **hintere durchbrochene Platte** bezeichnet (lamina perforata

posterior, *p p* Fig. 32 und Fig. 27). Bei den Säugethieren schließen sie an den Boden des Zwischenhirns zwei markige Erhabenheiten, die weiße Hügel (corpora candicantia oder mammillaria) an (*c c*); wie Trichter und Hypophysis nach vorn, so begrenzen sie, unmittelbar vor dem Abschluss der Brücke gelegen, den grauen Hügel nach hinten; ihre genetische Bedeutung ist noch unbekannt.

Gleich dem Mittelhirn enthält auch das Zwischenhirn die graue Substanz theils als Höhlen-, theils als Kernformation. Zunächst ist nämlich der Hohlraum des dritten Ventrikels von einem grauen Beleg bekleidet, welcher zugleich einen dünnen Markstrang überzieht, der die beiden Sehhügel vereinigt und die mittlere Commissur genannt wird (Fig. 31 *cm*). Dieses Höhlengrau des dritten Ventrikels erstreckt sich bis an die Hirnbasis herab, wo es in den grauen Höcker und Trichter unmittelbar übergeht. Außerdem aber sind im Innern der Sehhügel mehrere durch Markmassen von einander getrennte Ganglienkerne eingestreut (Fig. 36 *th*). Ebensolche sind in zwei kleineren hügelähnlichen Erhabenheiten zu finden, die bei den Säugethieren den hinteren Umfang des Sehhügels begrenzen und äußerlich mit demselben zusammenhängen, in dem äußeren und inneren Kniehöcker (*k' k* Fig. 28 S. 59). Mit beiden Kniehöckern ist der Ursprung des Sehnerven verwachsen, in den inneren Kniehöcker geht außerdem der vordere Vierhügelarm über. Während der vordere und äußere Umfang des Sehhügels sich sanft abgedacht zeigt, ist nach hinten die obere von der unteren Fläche desselben durch einen wulstigen Rand geschieden, den man das Polster (pulvinar) nennt (*p v* Fig. 27).

7. Vorderhirn.

Das Vorderhirn sitzt in den Anfängen seiner Entwickelung dem Zwischenhirn als eine ursprünglich einfache, später, in Folge der Fortsetzung des vorderen Deckenrisses auf dasselbe, paarige Blase auf, deren beide Hälften am Boden zusammenhängen. An der Stelle, wo der Deckenriss des Zwischenhirns sich in die Längsspalte der Hemisphären fortsetzt, steht ursprünglich der dritte Ventrikel mit den Aushöhlungen der beiden Hemisphärenbläschen in offenem Zusammenhang. Bei allen Wirbelthieren, mit Ausnahme der Fische, deren Hemisphären solide Gebilde sind (S. 48), wuchert der Gefäßfortsatz, der in den Hohlraum des Zwischenhirns sich einsenkt, aus diesem in die beiden Hemisphärenbläschen. Indem nun das Zwischenhirn durch Nervenmasse so ausgefüllt wird, dass nur der dritte Ventrikel übrig bleibt, verschließen sich auch jene Communicationsöffnungen bis auf zwei sehr enge Zugänge am vordern Ende des dritten Ventrikels,

welche den Eintritt der Gefäße in die beiden Hirnkammern gestatten, die MONRO'schen **Oeffnungen** (*m o* Fig. 33), die Reste der ursprünglichen MONRO'schen Spalten (Fig. 23 S. 52). Sie sind vorn durch eine Markscheidewand von einander getrennt, welche die hintere Vereinigungsstelle der beiden Hemisphärenblasen darstellt. Der Boden dieser Scheidewand wird meist durch stärkere Markbündel gebildet, welche von der einen

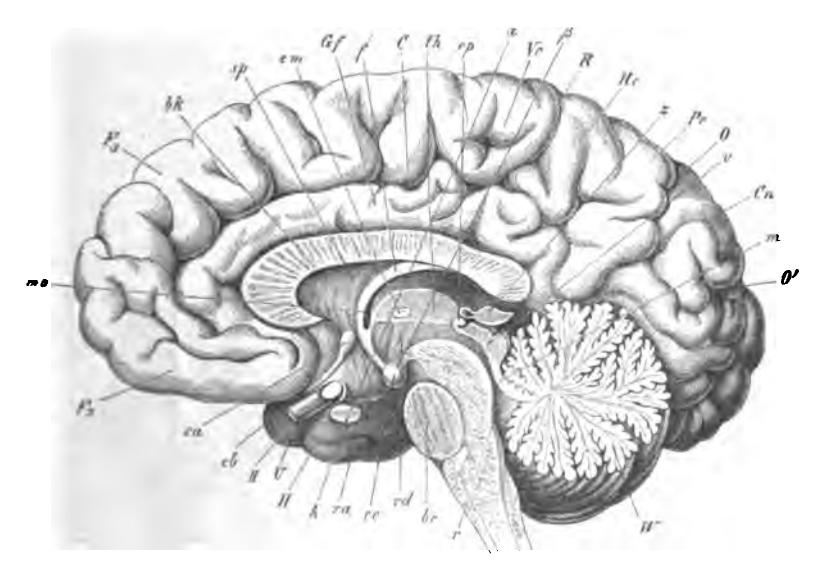


Fig. 33. Medianschnitt des menschlichen Gehirns. *r* Rautengrube. *br* Hirnbrücke. *cc* Corpus candicans. *rd* Absteigende, *ra* aufsteigende Wurzel des Gewölbes. *h* Hypophysis. *II* Sehnerv. *ca* Vordere Commissur. *cb* Weiße Bodencommissur. *mo* MONRO'sche Oeffnung. *bk* Balken. *sp* Durchsichtige Scheidewand (septum pellucidum). *f* Gewölbe (fornix). *cm* Mittlere Commissur. *th* Sehhügel. *cp* Hintere Commissur. *z* Zirbel. *v* Vierhügel. *m* Vorderes Marksegel. *W* Wurm des Cerebellum mit dem Lebensbaum. F_3 Untere Stirnwindung. *Gf* Bogenwindung (gyrus fornicatus). *C* Begrenzungsfurche der Bogenwindung (fissura calloso-marginalis). *R* ROLANDO'sche Furche. *Vc* Vordere Centralwindung. *Hc* Hintere Centralwindung. *H* Hippokampischer Lappen. *U* Hakenwindung (gyrus uncinatus). *Pr* Vorzwickel (Praecuneus). *O* Senkrechte Occipitalfurche. *Cn* Zwickel (Cuneus). *O'* Horizontale Occipitalfurche. α, β Richtungen der in Fig. 36 dargestellten Querschnitte.

Seite zur andern ziehen, die **vordere Commissur** (*c a*). Schon bei den Reptilien, noch mehr aber bei den Vögeln und Säugethieren wachsen die Hemisphären so bedeutend, dass das Zwischenhirn von ihnen mehr oder weniger vollständig überwölbt wird. In Folge dessen buchten sich auch die seitlichen Hirnkammern nach hinten aus, und es erscheinen nun die Sehhügel nicht mehr als ein hinter den Hemisphären gelegener Hirntheil, sondern als Hervorragungen, welche mit dem größten Theil ihrer Oberfläche in die seitlichen Hirnkammern hineinragen und nur noch mit ihrer inneren Seite dem dritten Ventrikel zugekehrt sind.

Im Vorderhirn kommt die graue Substanz in ihren drei Formationen vor: als Höhlengrau bedeckt sie die Wände des dritten Ventrikels, also namentlich die demselben zugekehrten innern Flächen der Sehhügel und die Höhle des Trichters, sowie dessen ganze Umgebung, als Gangliengrau bildet sie ansehnliche Massen, welche in den Verlauf der unter dem Sehhügel hervorkommenden Fortsetzungen der Hirnschenkel eingesprengt sind, als Rindengrau endlich überzieht sie den ganzen Hemisphärenmantel. Durch die Lagerung dieser grauen Substanzanhäufungen und ihr Verhältniss zu den Markfaserstrahlungen ist wesentlich die Structur des Vorderhirns bedingt. Bei allen Wirbelthieren, mit Ausnahme der Fische und Amphibien, lagern sich die Ganglienkerne auf dem Boden der seitlichen Hirn-

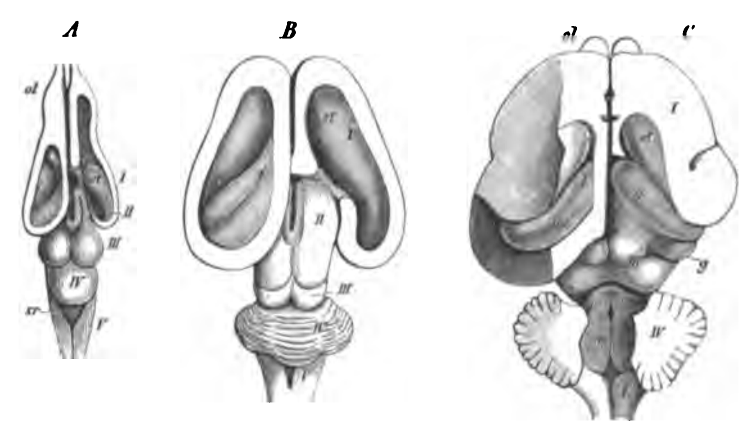


Fig. 34. Differenzirung der Hirnganglien, nach GEGENBAUR. *A* Gehirn einer Schildkröte, *B* eines Rinderfötus, *C* einer Katze. Links ist das Dach der seitlichen Hirnkammer abgetragen, rechts außerdem das Gewölbe entfernt; in *C* ist zugleich an der linken Seite der Uebergang des Gewölbes in das Ammonshorn bloßgelegt. *I* Großhirn. *II* Thalami optici. *III* Lobi optici oder Vierhügel. *IV* Cerebellum. *V* Verl. Mark. *ol* Riechkolben. *st* Streifenhügel. *f* Gewölbe. *h* (in *C*) Ammonshorn. *g* (ebend.) Kniehöcker. *sr* Rautengrube.

kammern ab. Sie bilden hier hügelähnliche Hervorragungen, aus denen die Markfasern gegen die Hemisphärenoberfläche ausstrahlen.

Die tiefste Lage des Bodens der seitlichen Hirnkammern wird demnach durch die Fortsetzungen der divergirend nach oben tretenden Hirnschenkel gebildet. Auf ihnen ruhen zunächst die Sehhügel, aus welchen sich den unter ihnen nach vorn und außen tretenden Hirnschenkelbündeln weitere verstärkende Markmassen beimischen. In diese Endausstrahlungen des Hirnschenkels am vorderen und äußeren Umfang des Sehhügels sind dann nochmals umfangreiche Ganglienkerne eingestreut, welche bewirken, dass sich der Boden des Seitenventrikels als ein ansehnlicher Hügel erhebt, der den Sehhügel vorn und außen umfasst, der Streifenhügel

corpus striatum, *s t* Fig. 34 und 35). Sein vor dem Sehhügel gelegenes kolbenförmiges Ende heißt der **Kopf**, der schmälere den äußeren Umfang des Sehhügels umgebende Theil der **Schweif**. Die Oberfläche dieses mit dem Sehhügel den ganzen Boden der Seitenkammer ausfüllenden Körpers wird in ziemlich dicker Lage von grauer Substanz bedeckt, während der Sehhügel auf seiner in die Seitenkammer hineinragenden Oberfläche von einer weißen Markschichte überzogen ist. An der Grenze zwischen Seh- und Streifenhügel liegt ein schmales Markband, der **Grenzstreif** (stria cornea, *sc* Fig. 35). Die Ganglienkerne des Streifenhügels bilden bei den Säugethieren drei Anhäufungen von charakteristischer Form. Die eine hängt mit der grauen Bedeckung dieses Hügels unmittelbar zusammen und wird, weil sie der um die Peripherie des Sehhügels bogenförmig geschweiften Form desselben entspricht, als der **geschweifte Kern** (nucleus caudatus) bezeichnet (*st* Fig. 36); er bildet mit den unter ihm beginnenden Markmassen den Streifenhügel im engeren Sinne. Ein zweiter sehr ansehnlicher Kern, der **Linsenkern** (nucleus lentiformis) liegt nach außen vom vorigen (*lk*); sein verticaler Durchschnitt bildet ein Dreieck, dessen Spitze gegen den innern Rand des Streifenhügels gekehrt ist, während seine Basis weit nach außen in das Hemisphärenmark hineinreicht; die graue Substanz des Linsenkerns ist durch zwischentretendes Mark in drei Glieder, zwei äußere von bandförmiger, ein inneres von dreieckiger Form geschieden. Der dritte Streifenhügelkern findet sich nach außen vom Linsenkern als ein schmaler, ebenfalls bandförmiger Streifen, welcher das dritte Glied des Linsenkerns umfasst: der **bandför-**

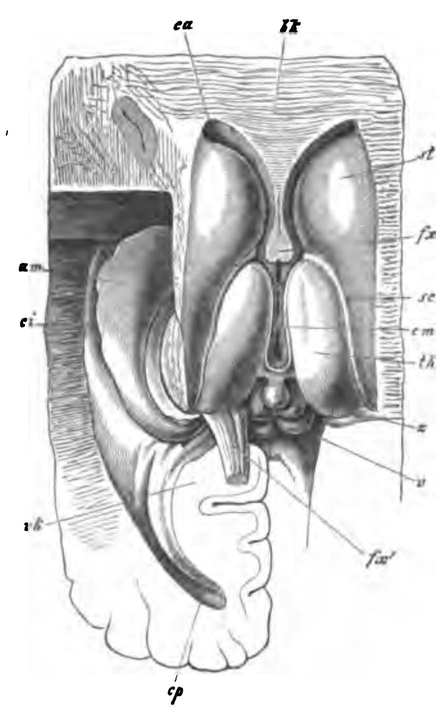


Fig. 35. Die Hirnhügel des Menschen, zum Theil nach ARNOLD. Links ist zugleich der untere und hintere Theil der seitlichen Hirnkammer mit dem Ammonshorn und der Vogelklaue freigelegt. *v* Vierhügel. *z* Zirbel. *th* Sehhügel. *cm* Mittlere Commissur. *sc* Hornstreif (stria cornea). *st* Streifenhügel. *fx* Vorderer Theil des Gewölbes, *bk* vorderer Theil des Balkens, beide durchschnitten. *fx'* Hinterer Theil des Gewölbes zurückgeschlagen. *ci* Unteres Horn des Seitenventrikels. *am* Ammonshorn. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue.

mige Kern (nucleus taeniaeformis) oder wegen seiner nahen Lage an der Hirnoberfläche die Vormauer (claustrum) genannt (*cl*); nach abwärts von ihm, nahe der Rinde der Hirnbasis, liegt endlich noch ein weiterer kleiner Kern, die Mandel (amygdala, *mk*)[1]. In diese Ganglienkerne der Hemisphären treten die meisten der von unten herankommenden Hirnschenkelfasern ein, nur wenige scheinen unter dem Streifenhügel weiter zu ziehen, ohne dessen graue Massen zu berühren. Aus den genannten Ganglienkernen kommen dann neue Markbündel hervor, welche nun nach

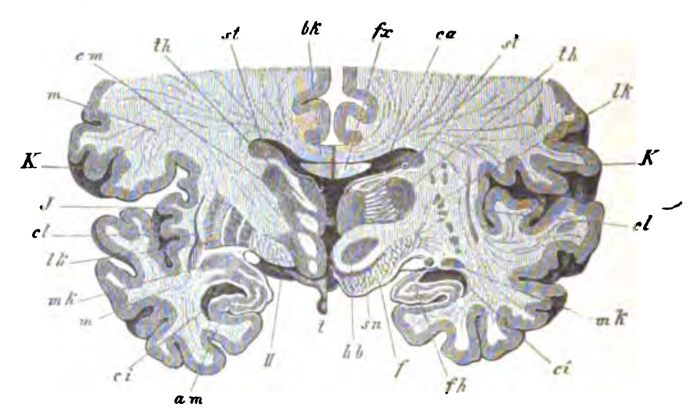


Fig. 36. Querschnitt durch das Großhirn des Menschen, Ansicht von hinten, zum Theil nach REICHERT. Der obere Theil der Hemisphärendecke ist weggelassen. Auf der linken Seite ist der Schnitt in der Richtung *α*, auf der rechten in der Richtung *β* Fig. 33 geführt. Der Schnitt links geht also durch die mittlere Commissur und den Hirnanhang, der Schnitt rechts etwas weiter rückwärts durch den hinteren Theil des Sehhügels und das Corpus candicans. *bk* Balken. *fx* Gewölbe. *ca* Vorderes Horn des Seitenventrikels. *st* Kern des Streifenhügels (geschweifter Kern). *th* Sehhügelkerne. (Man unterscheidet einen äußeren, einen inneren, den 3. Ventrikel begrenzenden, und einen oberen Kern.) *cm* Mittlere Commissur. *K* Klappdeckel. *J* Insellappen. *m* Ausstrahlungen des Stabkranzes. *lk* Linsenkern. (Auf der linken Seite sind die drei Glieder des Linsenkerns sichtbar.) *cl* Vormauer. Zwischen *cl* und dem Linsenkern liegt die äußere Kapsel des letzteren. *mk* Mandelkern. *ci* Unteres Horn des Seitenventrikels. *am* Durchschnitt des Ammonshorns. *II* Sehnerv. *t* Trichter und Hirnanhang. *f* Fuß des Hirnschenkels. *sn* Schwarze Substanz. *hb* Haube mit dem rothen Kern. *fh* Schlitz im Unterhorn des Seitenventrikels, durch welchen ein Gefäßfortsatz in dasselbe eintritt (fissura hippocampi).

den verschiedensten Richtungen im ganzen Umfang des Streifenhügels gegen die Hirnrinde hin ausstrahlen. Diese letzte Abtheilung des großen longitudinalen Faserverlaufs, der mit den Rückenmarkssträngen beginnt, dann in die Stränge des verlängerten Marks übergeht und hierauf zu den Bündeln der Hirnschenkel sich ordnet, ist der Stabkranz (corona

1) Von vielen Anatomen wird nur der geschweifte Kern als Streifenhügel bezeichnet, der Linsenkern also nicht zu demselben gerechnet. Vormauer und Mantel sind nach der Form ihrer Zellen nicht als eigentliche Ganglienkerne, sondern als Theile der Hirnrinde zu betrachten, von dieser durch eine zwischengeschobene Markschichte getrennt.

radiata, *m*). Seine Anordnung wird wesentlich bedingt durch die oben geschilderten Verhältnisse, welche der Bildung der Seitenventrikel zu Grunde liegen. Indem die in die letzteren hereingetretenen Gefäßfortsätze den Boden bedecken, müssen die als Fortsetzungen des Hirnschenkels weiterstrahlenden Markfasern des Stabkranzes die Gefäßfortsätze an ihrer Peripherie bogenförmig umfassen, um zur Rinde zu gelangen.

Dem Vorderhirn gehören als eine letzte Abtheilung die beiden Riechkolben oder Riechwindungen an. Bei den meisten Fischen so ansehnlich entwickelt, dass sie manchmal den Umfang des ganzen übrigen Vorderhirns übertreffen, treten sie in den höheren Abtheilungen der Wirbelthiere, namentlich bei den Vögeln, mehr zurück, um bei den niederen Säugethieren wieder in relativ bedeutender Größe zu erscheinen. (Vgl. Fig. 17, 18, 29 und 34). Sie bilden hier besondere Windungen, welche, von der Hirnbasis ausgehend, den Stirntheil des Vorderhirns mehr oder weniger nach vorn überragen. Das Innere der Riechwindungen enthält eine Höhle, die mit den seitlichen Hirnkammern communicirt. Bei einigen Säugethierordnungen, nämlich bei den Cetaceen und in geringerem Grade bei den Affen und dem Menschen, verkümmern diese Gehirntheile, sie treten nun weit zurück unter das Stirnhirn, als kolbenförmige Gebilde, die an einem schmalen Stiel, dem Riechstreifen, am mittleren Theil der Gehirnbasis aufsitzen (Fig. 32 S. 65). Die hier den Riechstreifen zum Ursprung dienende Fläche wird das Riechfeld oder wegen ihrer von dem Eindringen kleiner Gefäße herrührenden siebähnlichen Beschaffenheit die vordere durchbrochene Platte (lamina perforata anterior) genannt (*sp* Fig. 27 und 32).

Mit der vollkommeneren Entwicklung des Vorderhirns erfahren die von demselben umschlossenen Höhlen, die beiden Seitenventrikel, theils in Folge des Wachsthums der sie bedeckenden Hemisphärenmasse, theils durch das Auftreten besonderer Gebilde, die in die Höhle hineinragen, wesentliche Umgestaltungen. Da sich das Hemisphärenbläschen bei der Ueberwölbung des Zwischen- und Mittelhirns mit seiner hinter der Sylvischen Grube gelegenen Abtheilung zugleich nach abwärts krümmt (Fig. 16 und 22 S. 44 und 51), so besitzt der Seitenventrikel bei den Säugethieren zwei Ausbuchtungen, Hörner genannt (cornua ventriculi lateralis), eine vordere mit gewölbter Außenwand, und eine untere, deren Ende sich zu einer Spitze verjüngt. Bei der Umwachsung des Stammhirns durch die Hemisphärenblase hat, wie schon S. 53 bemerkt wurde, auch die ursprüngliche Communicationsöffnung dieser mit dem dritten Ventrikel, die Monro'sche Spalte, die ganze Wachsthumsbewegung der Hemisphäre mitgemacht: indem sie sich ebenfalls um den Hirnstamm zuerst nach hinten und dann nach unten biegt, fällt ihr ursprünglich oberes Ende mit der Spitze des

unteren Horns zusammen. Der so auf die Vorderwand des unteren Horns fallende Theil der Spalte bildet einen Schlitz (die später zu erwähnende fissura hippocampi), der durch einen in das untere Horn eintretenden Gefäßfortsatz der weichen Hirnhaut geschlossen ist (*fh* Fig. 36). So bleibt demnach die ursprüngliche Monro'sche Spalte an ihrem Anfang und Ende offen, die Mitte aber wird durch Markfasern geschlossen, welche den sogleich näher zu betrachtenden Theilen des Gewölbes und des Balkens angehören.

Diese Gestaltung der Seitenventrikel erfährt in dem Gehirn der Primaten (der Affen und des Menschen) noch eine weitere Veränderung, die mit der stärkeren Entwicklung des Occipitaltheils der Hemisphären zusammenhängt. Indem nämlich die Außenwand des Seitenventrikels stark nach hinten wächst, ehe sie sich nach unten wendet, verlängert sich der Ventrikel selbst in der nämlichen Richtung: es bildet sich so außer dem oberen und unteren auch ein hinteres Horn (*cp* Fig. 31 S. 63). Wie schon die äußere Form des Occipitalhirns erkennen lässt, steht das nach hinten gerichtete Wachsthum mit einem plötzlichen Knick stille, um nach vorn und hinten sich fortzusetzen. Dies findet auch in der Form des Hinterhorns seinen Ausdruck, indem dasselbe noch mehr als das Unterhorn zu einer feinen Spitze ausgezogen ist. Bei den Affen ist das Hinterhorn kleiner als beim Menschen; bei anderen Säugethieren mit stark entwickelten Hemisphären, wie z. B. bei den Cetaceen, finden sich nur Spuren oder Anfänge eines solchen.

8. Gewölbe und Commissurensystem.

An der vorderen Begrenzung der ursprünglichen Monro'schen Spalte sind die beiden Hemisphären längs einer Linie verwachsen, die man als Grenzlamelle (lamina terminalis) bezeichnet (*bd* Fig. 23, S. 52). Indem sich nun der Hemisphärenbogen um die Axe des Zwischenhirns nach hinten wendet, wird die Grenzlamelle in entsprechender Weise gebogen. Der unterste und vorderste Abschnitt derselben wird zu einem transversalen Faserband, welches als vordere Commissur die beiden Hemisphären verbindet (*k* ebend.); im weiteren Verlauf trennen sich dagegen ihre beiden Markhälften und werden zu longitudinalen, von vorn nach hinten gerichteten Faserbändern zu beiden Seiten der Mittelspalte. Ein Anfang dieser Longitudinalfasern findet sich schon bei den Vögeln, stärker entwickelt sind dieselben erst im Säugethierhirn, sie bilden hier das Gewölbe (fornix). Vorn dicht an einander liegend divergiren die beiden Schenkel des Gewölbes nach hinten. Die Markfasern ihres vorderen Endes reichen bis an die Hirnbasis herab, wo sie mit dem Mark der weißen Hügel-

chen (corpora candicantia) zusammenhängen (Fig. 33). Die Fasern ihres hinteren Endes zerstreuen sich beim Menschen und Affen in zwei Bündel, von denen das eine, schwächere an die Innenwand des hinteren Horns, das andere stärkere an die Innenwand des unteren Horns vom Seitenventrikel zu liegen kommt. Den so im Hinterhorn entstehenden Vorsprung bezeichnet man als die Vogelklaue (pes hippocampi minor), den im Unterhorn entstehenden als das Ammonshorn (pes hippocampi major, Fig. 35). Doch tragen zur Bildung dieser Erhabenheiten noch andere Theile bei, die wir sogleich werden kennen lernen. Bei den übrigen Säugethieren, bei welchen es nicht zur Entwicklung eines Hinterhorns kommt, und denen daher natürlich auch eine Vogelklaue fehlt, geht die ganze Fasermasse des Gewölbes in das Ammonshorn über[1]).

Mit der Bildung des Gewölbes scheint die Entstehung eines andern Fasersystems von transversaler Richtung, welches in noch höherem Grade ausschließliches Merkmal des Säugethierhirns ist, in naher Verbindung zu stehen. Bei den Monotremen und Beutelthieren nämlich kommen aus dem Ammonshorn Fasern hervor, welche die in dasselbe eintretenden Fasern des Gewölbes bedecken und über dem Zwischenhirn zur entgegengesetzten Hirnhälfte treten, um sich hier ebenfalls in das Ammonshorn einzusenken. Die so entstandene Quercommissur der beiden Ammonshörner ist die erste Anlage des Balkens (corpus callosum). Bei den implacentalen Säugethieren, bei denen in dieser Weise der Balken auf eine bloße Quercommissur zwischen den beiden Ammonshörnern beschränkt bleibt, ist die vordere Commissur, ebenso wie bei den Vögeln, sehr stark, zwischen ihr und dem Balken bleibt aber ein freier Raum. Bei den placentalen Säugethieren treten zu dieser Commissur der Ammonshörner weitere transversale Faserzüge hinzu, welche in das übrige Hemisphärenmark ausstrahlen. Sie entwickeln sich zuerst am vorderen Ende des künftigen Balkens, so dass die Ausbildung des letzteren von vorn nach hinten fortschreitet. Zugleich nimmt die vordere Commissur an Stärke ab und tritt mit dem vorderen Ende des Balkens, dem sogenannten Schnabel (rostrum) desselben, durch eine dünne, ebenfalls transversale Marklamelle in Verbindung (Fig. 33 *ca*). Durch diese Verbindung der vorderen Commissur mit dem Balken-

[1]) Ueber die Frage, ob die Affen gleich dem Menschen ein hinteres Horn des Seitenventrikels und einen pes hippocampi minor besitzen, ist ein ziemlich unfruchtbarer Streit zwischen Owen, der diese Theile im Affengehirn leugnete, und Huxley geführt worden. Vgl. Huxley, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, deutsch von Carus. Braunschweig 1863, S. 128. Schon die älteren Autoren über das Affengehirn, wie Tiedemann (Icones cerebri, p. 54), bilden das hintere Horn ab. Owen selbst beschreibt in seinem späteren Werk den Anfang eines solchen beim Delphin (Anatomy of vertebrates, vol. III, p. 120). Die Vogelklaue existirt, wie Huxley gezeigt hat, bei den anthropoiden Affen, ähnlich wie auch das Hinterhorn, nur schwächer entwickelt als beim Menschen.

schnabel wird die Longitudinalspalte des großen Gehirns nach vorn geschlossen. Zwischen dem breiten hinteren Ende des Balkens, dem **Wulst** (splenium desselben, und der oberen Fläche des Kleinhirns aber bleibt ein enger Zugang, durch welchen der dritte Ventrikel nach außen mündet (dieser Zugang ist in Fig. 33 zwischen der Zirbel und dem Balkenwulst als dunkel gehaltene Partie sichtbar). Derselbe geht zu beiden Seiten in enge Spalten über, die in die Seitenventrikel führen: es ist dies der Rest jenes vorderen Deckenrisses, durch den die Gefäßhautfortsätze in die drei vorderen Hirnkammern eintreten (S. 66).

Bei den meisten Säugethieren bildet die Ammonscommissur noch fortan einen verhältnissmäßig großen Theil des ganzen Balkens (*b k* Fig. 37 *A*). Da ferner bei ihnen das Occipitalhirn wenig entwickelt ist und gleichzeitig die vorderen Hirnganglien, die Seh- und Streifenhügel, an Masse weit unbedeutender sind, so ist das Ammonshorn bis an den Ursprung des Gewölbes herangerückt. Das letztere fällt aber jederseits sogleich in zwei Abtheilungen aus einander, von denen die eine vorn, die andere hinten das Ammonshorn umfasst (*f* und *f'* Fig. 37 *B*) [1]).

Zwischen dem Balken und den unter ihm hinziehenden Schenkeln des Gewölbes breiten zwei dünne, senkrechte Marklamellen sich aus, welche einen engen spaltförmigen Raum zwischen sich lassen: die **durchsichtigen Scheidewände** (septa lucida, *s p* Fig. 33). Diese bewirken sammt dem Gewölbe den Verschluss der seitlichen Hirnkammern nach innen, nur der Anfang der Monro'schen Spalte bleibt hinter dem vorderen Anfang der Gewölbsschenkel als die sogenannte Monro'sche Oeffnung bestehen (*m o* Fig. 33). Zwischen den beiden Seitenhälften der durchsichtigen Scheidewand bleibt ferner ein spaltförmiger, nach hinten mit dem dritten Ventrikel communicirender Hohlraum, der ventriculus septi lucidi. Die Ausstrahlungen des Balkens bilden die Decke und einen Theil der äußeren Wand der seitlichen Hirnkammern; sie umgeben die Außenfläche des Linsenkerns, als äußere Kapsel desselben, und sie kreuzen sich in ihrem Verlauf nach der Hirnrinde, in der sie endigen, überall mit den Fasern des Stabkranzes, ausgenommen in ihrer hinteren Abtheilung, welche den Ammonshörnern und ihrer Umgebung zugehört, Theilen, in die keine Stabkranzfasern eindringen. Diese hintere Abtheilung des Balkens bleibt bei den niederen Säugethieren eine reine Commissur der Ammonshörner (Fig. 37 *A*), bei den Primaten aber scheidet sie sich in zwei Theile, in einen inneren, der in das Ammonshorn und die Vogelklaue (*a m* und *v k* Fig. 35) übergeht, und in einen äußeren, der sich vor den zur Rinde

1) In der menschlichen Anatomie wird derjenige Theil des Balkens, welcher die beiden Ammonshörner verbindet, als **Psalterium** bezeichnet.

des Occipitalhirns tretenden Stabkranzfasern nach unten umschlägt (*m'* Fig. 38), um die Außenwand des hintern Horns vom Seitenventrikel zu bilden: man bezeichnet ihn hier als Balkentapete (*tp* Fig. 31, S. 63).

Die nämliche Richtung, welche das Gewölbe, der aus der vorderen Grenzlamelle des MONRO'schen Spaltes hervorgegangene Faserzug, einschlägt, theilt sich bei der Umwachsung des Stammhirns durch den Hemisphärenbogen auch dem unmittelbar vor jener Grenzlamelle gelegenen Theil der Hemisphärenwand mit. Aber während das Gewölbe wegen der anfänglichen Verwachsung nicht von grauer Rinde überzogen ist, bleibt jener ursprünglich nicht verwachsene Theil vor ihr, der nachher in Folge der Hemisphärenwölbung über das Gewölbe zu liegen kommt, an seiner me-

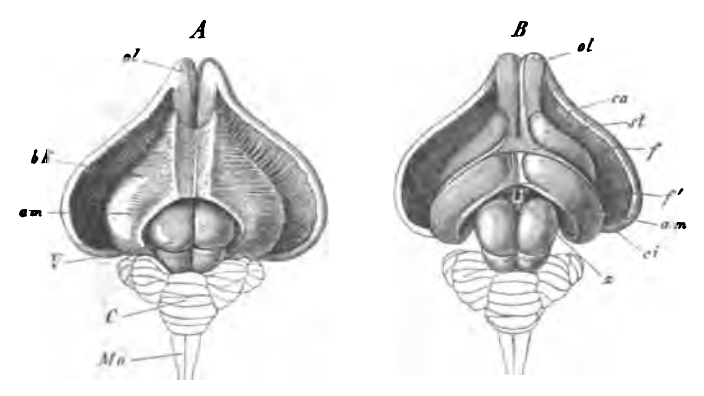


Fig. 37. Anatomie des Kaninchengehirns. In *A* ist die Hemisphärendecke zurückgeschlagen, so dass der Balken vollständig sichtbar wird. In *B* sind durch Entfernung des Balkens die seitlichen Hirnkammern geöffnet. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *V* Vierhügel. *z* Zirbel. (In *B* ist zur Seite von *z* der Anfang der von den Ammonshörnern bedeckten Sehhügel sichtbar.) *am* Ammonshorn. *bk* Balken. (Nach vorn von der Linie *bk* liegt der in das Hemisphärenmark übergehende Theil des Balkens, dessen Faserkreuzung mit den Stabkranzbündeln sichtbar ist; hinter *bk* beginnt die Ammonscommissur.) *ol* Riechkolben. *ca* Vorderhorn des Seitenventrikels. *st* Streifenhügel. *f* Vorderer, *f'* hinterer Theil des Gewölbes. *ci* Unterhorn des Seitenventrikels.

dianen Seite von Rinde bedeckt. Nachdem der Durchbruch des Balkens erfolgt ist, wird er durch diesen vom Gewölbe getrennt und bildet nun eine den Balken bedeckende longitudinale Hirnwindung, die man als die Bogenwindung oder Zwinge bezeichnet (gyrus fornicatus, cingulum *Gf* Fig. 33 S. 67). Bei solchen Säugethieren, bei denen der Stirntheil des Vorderhirns relativ wenig entwickelt und die Bogenwindung stark ist, tritt ihr Anfang vorn unmittelbar hinter der Basis der Riechstreifen zu Tage. Hinten kommt die Bogenwindung, nachdem sie sich um den Balken herumgeschlagen, ebenfalls an der Hirnbasis zum Vorschein; sie geht hier in eine nach hinten von der Sylvischen Spalte gelegene und die Medianspalte begrenzende Windung über, welche als Ammonswindung (gyrus

hippocampi) die Außenwand des Ammonshorns bildet (*H*·Fig. 33). **An de** Grenze des Balkens hört der Rindenbeleg auf, die untere dem **Balken zu**gekehrte Fläche der Bogenwindung ist daher rein markig. **Nur ir** hinteren Abschnitt derselben hat sich ein schmaler, von der übrigen **Rind** isolirter Streifen grauer Substanz erhalten, welcher als **graue Leist**

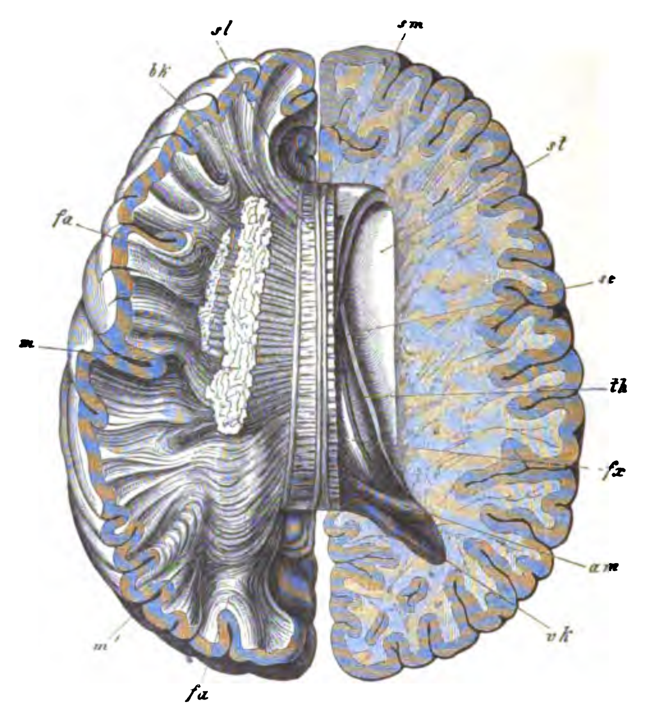


Fig. 38. Hirnbalken und seitliche Hirnkammer vom Menschen. (Gehirn in Alkohol gehärtet.) Auf der linken Seite ist die Hemisphärendecke so weit entfernt, dass der mittlere Theil des Balkens frei liegt, dann sind die Faserungen desselben in das Hemisphärenmark dargestellt. Auf der rechten Seite ist ein Schnitt geführt, der den Seitenventrikel von oben öffnet. *bk* Balken. *sm* Mittlerer Längsstreif oder Balkennaht (stria media). *sl* Seitlicher Längsstreif oder bedecktes Band (taenia tecta), zur Bogenwindung gehörig. *m* Kreuzung der Balkenstrahlung mit der Faserung des Stabkranzes. *m'* Hinterer ungekreuzter Theil der Balkenstrahlung. (Bei *m'* schlägt sich derselbe nach unten, um die äußere Wand des Hinterhorns, die Balkentapete (*tp* Fig. 31), zu bilden.) *fa* Bogenfasern (fibrae arcuatae), welche die Rindentheile benachbarter Windungen mit einander verbinden. *st* Streifenhügel. *sc* Hornstreif. *th* Sehhügel (großentheils verdeckt durch die folgenden Theile). *fx* Gewölbe. *am* Ammonshorn. *vk* Vogelklaue.

(fasciola cinerea) bezeichnet wird und unmittelbar den Balken bedeckt (*fc* Fig. 39). Die weißen Longitudinalfasern der Bogenwindung, welchen die graue Leiste aufsitzt, sind während des ganzen Verlaufs derselben von dem übrigen Mark getrennt, so dass sie bei der Ablösung vom Balken nebst der sie in ihrem hinteren Abschnitt überziehenden grauen Leiste

als ein weißer Markstreifen, das **bedeckte Band** (taenia tecta) genannt, auf dem Balken sitzen bleiben (*s l* Fig. 38 und 39). Die Trennung des bedeckten Bandes und der grauen Leiste von der übrigen Mark- und Rindensubstanz der Bogenwindung erhält dadurch ihre Bedeutung, dass jene Gebilde auch beim Uebergang der Bogen- in die Ammonswindung getrennt bleiben [1]). Mark und Rinde der Bogenwindung gehen nämlich unmittelbar in Mark und Rinde des gyrus hippocampi über, so dass beide eigentlich eine einzige Windung bilden, deren beide Theile sich nur dadurch unterscheiden, dass der gyrus fornicatus an seiner unteren, dem Balken zugekehrten Fläche nicht von Rinde belegt ist, während sich beim Uebergang in den gyrus hippocampi die Rinde wieder über die ganze Oberfläche ausbreitet. An der Stelle nun, wo die Bogenwindung den Balkenwulst verlassend zum gyrus hippocampi wird, und wo demnach die bisher nur die innere Oberfläche überziehende Rinde auf die untere sich ausdehnt, trennt sich das bedeckte Band von dem übrigen Mark der Windung, indem es auf der Oberfläche der Rinde des gyrus hippocampi zu Tage tritt. Hierdurch muss sich aber auch die graue Leiste, welche das bedeckte Band unten überzieht, von der übrigen Rinde trennen, da das bedeckte Band zwischen beiden sich ausbreitet. An dieser Stelle ist also die Hirnrinde von einer weißen Markschicht und die letztere abermals von grauer Rinde bedeckt, wobei aber diese oberflächlichsten aus dem bedeckten Band und der grauen Leiste stammenden Schichten örtlich beschränkt bleiben, da sie nur den gyrus hippocampi und diesen nicht einmal vollständig überziehen. Beide verhalten sich übrigens in ihrer Ausbreitung verschieden. Das Mark des bedeckten Bandes verbreitet sich über die ganze Rinde des gyrus hippocampi als eine äußerst dünne netzförmig durchbrochene Schichte, sie bildet so als stratum reticulare die einzige weiße Markausbreitung auf der Rindenoberfläche der Hemi-

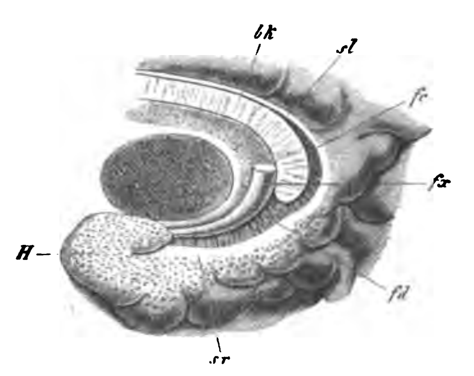


Fig. 39. Die Ammonswindung mit den angrenzenden Theilen des Balkens und Gewölbes vom Menschen. *bk* Balken. *sl* Bedecktes Band. *fc* Graue Leiste (fasciola cinerea). *fd* Gezahnte Binde (fascia dentata), Fortsetzung der grauen Leiste. *fx* Unteres Ende des Gewölbes. *H* Ammonswindung (lobus hippocampi). *sr* Netzförmige Substanz (substantia reticularis alba).

1) Nicht zur Bogenwindung, sondern zum Balken selbst wird der die sogenannte Balkennaht bildende mittlere Längsstreif (*sm* Fig. 38) gerechnet.

sphären (*sr* Fig. 39, s. a. *H* Fig. 33 S. 67). Die graue Leiste aber behält ihr bandförmiges Ansehen, sie überzieht nicht die ganze Markstrahlung des bedeckten Bandes, sondern nur jene Stelle derselben, welche in die den gyrus hippocampi nach innen begrenzende Furche zu liegen kommt; wegen der äußeren Form, die sie an dieser Stelle ihres Verlaufes hat, wird sie hier als gezahnte Binde (fascia dentata) bezeichnet (*fd* Fig. 39). Jener Furche, welche den gyrus hippocampi nach innen begrenzt, entspricht nun am unteren Horn des Seitenventrikels das in die Höhle desselben vorspringende Ammonshorn. So wird die Bildung des Ammonshorns, zu der, wie wir oben gesehen haben, Fasern des Gewölbes und des Balkens beitragen, durch den Antheil, welchen die verschiedenen Theile der Bogenwindung an ihr nehmen, vollendet. Der markige Beleg, der die Kammeroberfläche des Ammonshorns überzieht, wird durch die Fasern des Gewölbes und des Balkens gebildet (Fig. 40). Darauf folgt als erste graue Schichte die Rinde des gyrus hippocampi (*r*), nach außen von ihr kommt als zweite Markschichte die Fortsetzung des bedeckten Bandes oder die auf der Rinde des gyrus hippocampi ausgebreitete substantia reticularis (*H*), und auf sie endlich folgt als zweite graue Schichte die gezahnte Binde, die Fortsetzung der grauen Leiste (*fd*). Letztere erstreckt sich wie gesagt nur in die dem Ammonshorn entsprechende Furche hinein. In dieser findet zugleich die Lage der reticulären Substanz ihre innere Grenze; an der Stelle, wo dies der Fall ist, hängt die graue Schichte der gezahnten Binde mit der Rinde des gyrus hippocampi zusammen, so dass hier die beiden grauen Lagen, welche das Ammonshorn ausfüllen, in einander übergehen. Gerade da, wo dieser Uebergang stattfindet, endet der innere markige Ueberzug des Ammonshorns mit einem freien umgeschlagenen Saume, der Fimbria (*fi*).

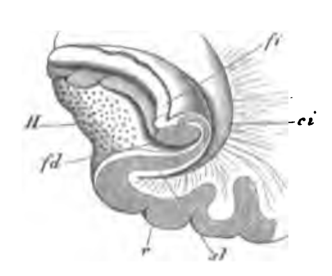


Fig. 40. Die Ammonswindung mit dem Ammonshorn auf einem Querschnitt, vom Menschen. *ci* Unteres Horn des Seitenventrikels. *r* Graue Rinde der Hakenwindung. *H* Hakenwindung mit der weißen netzförmigen Substanz. *fd* Aeußere graue Schichte des Ammonshorns (fascia dentata). *sl* Innerer weißer Ueberzug des Ammonshorns, Fortsetzung der stria longitudinalis. *fi* Umgeschlagener Saum dieser Schichte (fimbria).

9. Entwicklung der äußeren Gehirnform.

Während das Gehirn im Laufe seiner Entwicklung allmählich in die Theile sich gliedert, die wir nun kennen gelernt haben, erfährt seine äußere Form Umwandlungen, deren schließliches Resultat theils von der Stufe der Entwicklung, die das betreffende Gehirn überhaupt erreicht,

theils von dem relativen Wachsthum der einzelnen Theile abhängt. Bei den niedersten Wirbelthieren entfernt es sich wenig von jener einfachsten embryonalen Form, die mit der Scheidung des primitiven Hirnbläschens in seine fünf Abtheilungen gegeben ist. Fast alle Formverschiedenheiten beruhen hier auf der relativen Größe dieser Abtheilungen: außerdem ist nur noch die Entwicklung der aus dem Vorderhirn hervorgewachsenen Riechkolben von formbestimmendem Einflusse. Eine größere Mannigfaltigkeit der Gestaltung ergibt sich bereits, sobald die Mantelgebilde den Hirnstamm zu umwachsen beginnen. Die Bedeckung der Zwei- oder Vierhügel und des Kleinhirns durch die Großhirnhemisphären, des verlängerten Marks durch das Kleinhirn, der Grad der Kopfkrümmung bringen nun eine Reihe von Formeigenthümlichkeiten hervor, denen sich als weitere die äußere Gestalt der Hemisphären, die Entwicklung oder der Mangel

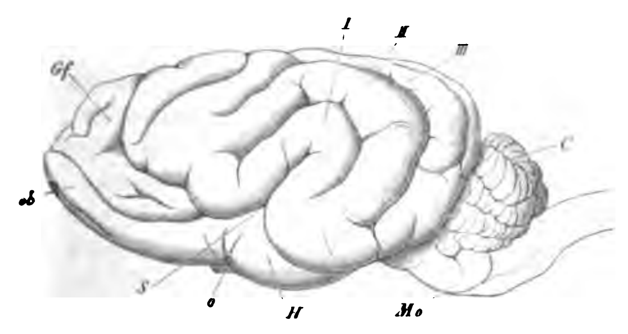


Fig. 41. Hundegehirn in der Seitenansicht. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *S* Sylvische Spalte. *ob* Riechlappen. *Gf* Bogenwindung, hinter dem Riechlappen an die Oberfläche tretend. *H* Ammonswindung (lobus hippocampi). *o* Nerv. opticus. *I*, *II*, *III* Erste, zweite und dritte typische Windung des Carnivorengehirns.

der Seitentheile des Kleinhirns, das hiermit zusammenhängende Hervortreten gewisser Kerngebilde, wie der Oliven, an der medulla oblongata, sowie die Entwicklung einer Varolsbrücke hinzugesellen. An allen Säugethierhirnen ist die Stelle, wo die Großhirnhemisphäre ursprünglich dem Hirnstamm aufsitzt, durch die Sylvische Grube bezeichnet (*S* Fig. 22 S. 51). Indem sich die Ränder dieser Grube entgegenwachsen, geht dieselbe bei allen höheren Säugethieren in eine tiefe Spalte, die S y l v i s c h e S p a l t e (fissura Sylvii), über. Dieselbe geht im allgemeinen schräg von hinten und oben nach vorn und unten; ihre Richtung weicht um so mehr von der verticalen ab, je stärker sich das Occipitalhirn entwickelt und die nach hinten gelegenen Theile überwächst (Fig. 41). Eine eigenthümliche Gestaltung erfährt diese Spalte endlich bei der höchsten Säugethierordnung, bei den P r i m a t e n. Bei ihnen nimmt nämlich schon im Anfang des Embryonallebens die in Folge der Umwachsung des Stammhirns durch

die Hemisphären gebildete Grube durch die gleichzeitige Entwicklung des Frontal- und Occipitalhirns ungefähr die Form eines Dreiecks an, dessen Basis nach oben gekehrt ist. Die Grube schließt sich dann, indem ihre Ränder von vorn, oben und hinten sie überwachsen, zu einer gabelförmigen Spalte (*S* Fig. 42), an welcher man einen vorderen und einen hinteren Schenkel (s_1 und s_2) unterscheidet. (Vergl. auch Fig. 45.) Der zwischen den beiden Gabeln der Spalte gelegene, die ursprüngliche Grube von oben her deckende Hemisphärentheil (*K*) heißt der Klappdeckel (operculum). Schlägt man den Klappdeckel zurück, so sieht man, dass der unter ihm gelegene Boden der Sylvischen Grube emporgewölbt und, gleich der übrigen Oberfläche der Hemisphäre, durch Furchen in eine Anzahl von Windungen getheilt ist. Den so wegen seiner eigenthümlichen Lage versteckten und isolirten Gehirnabschnitt nennt man den versteckten Lappen oder die Insel (lobus opertus, insula Reilii, Fig. 36 *J*, S. 70). Die beiden Schenkel der Sylvischen Spalte benutzt man in der Regel, um die Hemisphären des Primatengehirns in einzelne Regionen zu trennen.

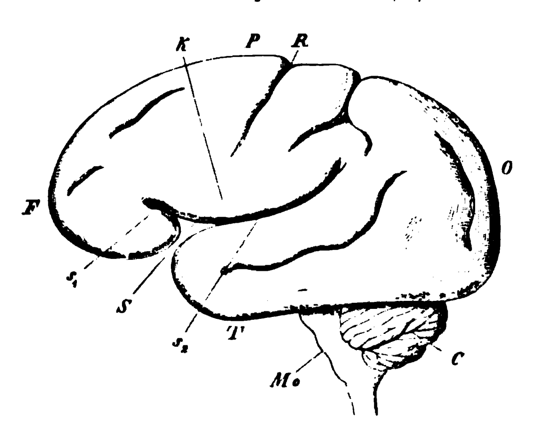


Fig. 42. Gehirn eines 7monatlichen menschlichen Fötus in der Seitenansicht. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *S* Sylvische Spalte. s_1 vorderer, s_2 hinterer Schenkel derselben. *K* Klappdeckel. *R* ROLANDOscher Spalt. *F* Stirnlappen. *P* Scheitellappen. *O* Hinterhauptslappen. *T* Schläfelappen.

Den nach vorn vom vorderen Schenkel gelegenen Theil nennt man nämlich den Stirnlappen (*F* Fig. 42), den von beiden Schenkeln eingefassten Raum den Scheitellappen (*P*), die hinter der Sylvischen Spalte gelegene Region den Hinterhauptslappen (*O*), den unter ihr gelegenen Hirntheil den Schläfelappen (*T*). An der Convexität des Gehirns geben diese Lappen ohne scharfe Grenzen in einander über.

Wie die Sylvische Spalte die ganze Außenfläche der Hemisphäre in mehrere Abschnitte trennt, so sind noch einige Theile des Großhirns durch Furchen oder Spalten gegen ihre Umgebung abgegrenzt. So gibt sich der über dem Balken von vorn nach hinten und dann um den Balkenwulst nach unten ziehende longitudinale Faserzug, die Bogenwindung, durch Furchen zu erkennen, welche denselben von den umgebenden Theilen trennen (Fig. 33 *Gf*). Namentlich ist bei allen Säugethieren an der medianen Oberfläche der Hemisphäre der Rand sichtbar, mit welchem sich

die Bedeckung des inneren Theils der Bogenwindung in das untere Horn des Seitenventrikels umschlägt (fissura hippocampi, Fig. 36 *fh*); bei den meisten ist außerdem die Bogenwindung während ihres Verlaufs über dem Balken nach oben hin durch eine longitudinale Furche (sulcus calloso-marginalis, *C* Fig. 33) begrenzt. Ebenso ist an der Basis des Vorderhirns der Riechkolben oder die Riechwindung fast immer nach innen und nach außen durch Furchen geschieden (sulcus ento- und ectorhinalis), die übrigens am menschlichen Gehirn in eine einzige zusammenfließen (*s r* Fig. 32). Alle diese Spalten und Furchen sind somit theils durch das Wachsen der Hemisphäre um ihre Anheftungsstelle am Zwischenhirn (fissura Sylvii), theils durch den Verschluss der äußeren Spalte des unteren Horns (fissura hippocampi), theils durch den Verlauf bestimmter, an der medianen und unteren Fläche der Hemisphäre hervortretender Markbündel (fissura calloso-marginalis, ento- und ectorhinalis) verursacht. Da nun die zu Grunde liegenden Structurverhältnisse allen Säugethieren eigenthümlich sind, so sind auch jene Vertiefungen, sobald sie überhaupt sichtbar werden, durchaus constant in ihrem Auftreten.

Minder gleichförmig verhalten sich andere Furchen, welche dem Hirnmantel der höheren Säugethiere ein vielfach gefaltetes Ansehen geben. Die Oberfläche des Klein- und Großhirns wird durch diese Furchen in zahlreiche Windungen (gyri) eingetheilt, die am Kleinhirn, an welchem sie schmale, auf dem Markkern senkrecht stehende Leisten von meist transversaler Richtung bilden, im allgemeinen regelmäßiger geordnet sind, am Großhirn aber, wo sie den Darmwindungen einigermaßen ähnlich sehen, oft weniger deutlich ein bestimmtes Gesetz erkennen lassen. Die gemeinsame Ursache dieser Faltungen der Hirnoberfläche liegt augenscheinlich in dem verschiedenen Wachsthumsverhältniss der Hirnrinde und der in sie eintretenden Markstrahlung. Wenn ein Körper an Masse zunimmt, so wächst bekanntlich seine Oberfläche langsamer als sein Voluminhalt. Da nun aber die Zellen der Hirnoberfläche die Fasern der Markmasse aufnehmen, so ist hier im allgemeinen eine Proportionalität zwischen Oberfläche und Inhalt gefordert, welche während des ganzen Wachsthums annähernd constant bleibt. Daraus folgt aber von selbst, dass die Rinde sich falten muss, wenn sie mit der Zunahme des Marks gleichen Schritt halten soll; und dem entspricht es, dass in der Thierreihe und ebenso im Laufe der individuellen Entwicklung mit der Größe des Gehirns die Faltung seiner Oberfläche zunimmt.

Die Faltung des Kleinhirns tritt in ihrer einfachsten Form bei den Vögeln auf, deren Cerebellum der Seitentheile entbehrt und daher von oben gesehen als ein unpaares Gebilde von annähernd kugel- oder eiförmiger Gestalt erscheint. Die Oberfläche dieses Organs ist nun in

transversale Falten gelegt, welche annähernd Kreisen oder Ellipsen entsprechen, die sämmtlich in einer durch den Mittelpunkt der Kugel oder des Ovoids gelegten transversalen Axe sich schneiden: die letztere ist daher in diesem Fall die gemeinsame Aufrollungsaxe für alle an der Oberfläche sichtbaren Falten (Fig. 29 *A* S. 61). Durchschneidet man aber das Organ senkrecht zur Richtung dieser Axe, so zeigt sich, dass die Tiefe der die einzelnen Erhebungen trennenden Furchen wechselt, indem je eine Gruppe von zwei bis drei Leisten, welche von einander durch seichtere Furchen begrenzt sind, durch tiefere von ihrer Umgebung sich scheidet (Fig. 20 *B* S. 47). Bei den Säugethieren wird die Faltung verwickelter, indem eine größere Zahl leistenförmiger Erhebungen zu einer durch tiefere Furchen gesonderten Gruppe zusammentritt. Außerdem sind häufig mehrere solche Gruppen durch trennende Spalten zu größeren Lappen vereinigt. So kommt es, dass die meisten Windungen in die Tiefe der größeren Falten zu liegen kommen und nur die Endlamellen auf der Oberfläche erscheinen; auf Durchschnitten entsteht hierdurch jenes Bild eines sich in Zweige und Blätter entfaltenden Baumes, welches die alten Anatomen mit dem Namen des Lebensbaumes belegten (*a v* Fig 30 S. 62, vgl. a. *W* Fig. 33 S. 67). Zudem erheben sich nun neben dem mittleren Theil oder Wurm größere symmetrische Seitenhälften. Wo diese, wie z. B. beim Menschen, eine verhältnissmäßig regelmäßige Anordnung der Windungen darbieten, da sind die letzteren ebenfalls vorwiegend transversal gerichtet. Doch verlassen sie diese Richtung gegen den vorderen und hinteren Rand, um allmählich in schräge und selbst longitudinale Bogen überzugehen, welche gegen diejenige Stelle convergiren, wo die Seitentheile an dem Wurm aufsitzen (Fig. 30). Bei vielen Säugethieren kommen übrigens, namentlich an den Seitentheilen, größere Abweichungen in dem Verlauf der Faltungen vor, die sich einer bestimmten Regel nicht mehr fügen: solche sind besonders bei großem Windungsreichthum des Organs zu beobachten. Auch am kleinen Gehirn des Menschen gibt es einzelne durch größere Spalten isolirte Abtheilungen[1], an welchen der Verlauf der Windungen von der im ganzen eingehaltenen Regel mehr oder weniger abweicht, wahrscheinlich in Folge besonderer Verhältnisse des Faserverlaufs, welche das allgemeine Wachsthumsgesetz modificiren. Hiervon abgesehen ist die Gestaltung der Oberfläche dadurch complicirt, dass wir, den Verzweigungen des so genannten Lebensbaumes entsprechend, Falten erster, zweiter und selbst dritter Ordnung unterscheiden können (Fig. 33).

1) Hierher gehört namentlich die Flocke (*fl* Fig. 32 S. 65), ein kleiner federähnlicher Auswuchs am hintern Rand des Brückenschenkels, und die Tonsille (*to* ebend.), ein die medulla oblongata deckender eiförmiger Wulst zwischen dem unteren Wurm und den Seitentheilen.

Die Oberfläche des großen Gehirns pflegt nur bei der höchsten Wirbelthierclasse sich durch Faltungen zu vergrößern, und noch bei den Säugethieren zeigen die niedersten Ordnungen höchstens die schon früher besprochenen Furchen und Windungen (Sylvische Spalte, sulcus hippocampi u. s. w.), welche auf anderen Ursachen beruhen als die übrigen Faltenbildungen. Sobald aber die letzteren erscheinen, halten sie bei allen Säugethieren bis hinauf zu den Primaten im wesentlichen die nämliche Regel ein. Alle Furchen und Windungen, welche von vorn nach hinten ziehen, verlaufen nämlich nahezu parallel der Medianspalte; meist sind sie zugleich im Bogen um die Sylvische Spalte gekrümmt. (Vergl. Fig. 41 S. 79 *I*, *II*, *III*). Wie die Hemisphären von vorn nach hinten den Hirnstamm umwachsen, so sind demnach auch die Windungen von vorn nach hinten gerichtet und zugleich um die Anheftungsstelle am Zwischenhirn im selben Sinne gebogen, in welchem die Umwachsung stattfindet. Die Stärke dieser Krümmung ist durch die Tiefe und Ausdehnung der Sylvischen Grube oder Spalte bedingt. Die Zahl der Längsfalten, welche so an der Oberfläche des großen Gehirns bemerkt werden, variirt im allgemeinen in den verschiedenen Säugethierordnungen zwischen zwei und fünf. Manchmal münden einzelne an irgend einer Stelle ihres Verlaufs mit einer benachbarten Falte zusammen; sehr häufig treten schwächere secundäre Falten hinzu, welche die erste Richtung kreuzen. Auf diese Weise entstehen unregelmäßige Schlängelungen, die jenes Gesetz des Verlaufs mehr oder weniger verdecken können. Wesentlich anders verhält sich die Faltenbildung am vorderen Theil des großen Gehirns. Etwas nach vorn von der Sylvischen Spalte nämlich geht der longitudinale Windungszug entweder allmählich oder plötzlich in einen annähernd transversalen über, wobei zugleich die auftretenden Querfurchen häufig radiär gegen die Sylvische Spalte gestellt sind. Diese Furchenbildung am vorderen Theil des Gehirns steht damit im Zusammenhang, dass bei allen Säugethieren, mit Ausnahme der Cetaceen und Primaten, derjenigen Ordnungen, bei denen die Riechwindungen mehr oder weniger verkümmert sind, am vorderen Theil des Gehirns die Bogenwindung zur Oberfläche tritt und an dieser Stelle durch eine quer oder schräg gestellte Furche von den dahinterliegenden Windungen geschieden ist; nach vorn geht sie unmittelbar in die Riechwindung über, von der sie abermals durch eine meistens seichtere Querfurche getrennt ist (Fig. 41 *Gf*). Die Stelle, wo die Bogenwindung zu Tage tritt, liegt zuweilen sehr nahe an der vorderen Hirngrenze: so bei den Carnivoren, bei denen aber diese Windung sich stark in die Breite entwickelt, so dass sie mit der Riechwindung ganz den sonst dem Frontalhirn entsprechenden Platz einnimmt. In anderen Fällen liegt jene Stelle weiter zurück, es pflegt dann der frei liegende Theil der Bogenwindung

mehr in die Länge als in die Breite entwickelt zu sein, so dass er nur einen schmalen Raum seitlich vom vorderen Theil der Längsspalte ausfüllt. Doch nicht bloß diejenigen Falten, die von dem Hervortreten der Bogen- und Riechwindung herrühren, sind quer gerichtet; auch die übrigen auf diesen vorderen Theil des Gehirns sich erstreckenden Furchen nehmen dieselbe transversale Richtung an. Dabei können entweder die nämlichen Falten, die an der Occipitalfläche die longitudinale Richtung besitzen, vorn in die transversale umbiegen, oder es können plötzlich die Längsfurchen unterbrochen werden und Querfurchen an ihre Stelle treten. Für das erstere Verhalten ist das durch die Regelmäßigkeit und Symmetrie seiner Windungen ausgezeichnete Carnivorengehirn ein augenfälliges Beispiel (Fig. 41); dem zweiten Typus folgen die meisten anderen windungsreicheren Säugethierhirne, wobei übrigens immerhin einzelne der Längsfurchen oft in Querfurchen sich fortsetzen. Meistens sind es zwei Hauptfurchen, welche so entweder vollkommen selbständig oder nach rückwärts in Längsfurchen übergehend den Frontaltheil des Gehirns transversal durchziehen; zu ihnen kommt dann noch die hintere Begrenzungsfurche der Bogenwindung, sowie die Furche zwischen Bogen- und Riechwindung, so dass die Gesammtzahl der vorderen Querfurchen meistens auf vier sich beläuft[1]).

Sowohl die longitudinalen wie die transversalen Falten sind gewöhnlich nur an der oberen und äußeren Fläche der Hemisphären sichtbar. Die Basis des großen Gehirns pflegt ganz und gar von den bereits früher besprochenen Furchen und Windungen eingenommen zu sein, nämlich vorn von der Riechwindung und hinten von dem lobus hippocampi (Fig. 41 *o b*, *H*), neben denen höchstens ein schmaler Saum sichtbar bleibt, der den äußersten Windungen der Hirnoberfläche angehört. Auf dem medianen Durchschnitt erblickt man bei den meisten Gehirnen nur die Bogenwindung und ihre Fortsetzung, nach hinten in den hippocampischen Lappen, nach vorn in die Riechwindung (Fig. 43). Nur wo diese Gebilde mehr zurücktreten, wie am Gehirn der Cetaceen, der Affen und des Menschen, kommen die Windungszüge der Oberfläche zum Theil auch hier zum Vorschein. Diese Gehirne zeigen aber noch in anderer Beziehung bedeutende Abweichungen von dem allgemeinen Furchungsgesetz des Säugethierhirns. Bei den Cetaceen, deren peripherische und centrale Geruchsorgane gänzlich verkümmern, bleibt die Bogenwindung in der Tiefe verborgen, und eine Riechwindung existirt nicht. Die Hauptfurchen der Oberfläche ziehen in der ganzen Länge des außerordentlich in die Breite entwickelten

---

1) In der 1.—3. Aufl. des vorliegenden Werkes sind diese Verhältnisse an einer Reihe von Säugethiergehirnen erläutert. (Vgl. 3. Aufl. Fig. 48, S. 86).

Gehirns longitudinal von vorn nach hinten, wie es bei den übrigen Säugethieren nur am Occipitaltheil der Fall ist[1].

Einem gemeinsamen, von dem der übrigen Säugethiere abweichenden Entwicklungsgesetz folgt die Furchung des Primatengehirns. Bei ihm bleibt die Riechwindung, welche ganz auf einen Riechkolben reducirt ist, an der Basis des Gehirns verborgen. Die Bogenwindung tritt zwar an die Oberfläche hervor, aber dies geschieht nicht am Frontal-, sondern am Occipitaltheil des Gehirns. Hier entsendet der gyrus fornicatus, während er um den Balkenwulst sich umschlägt, um in die Hakenwindung überzugehen, einen Ausläufer zur Oberfläche, der sich in zwei Läppchen, den sogenannten Zwickel und Vorzwickel (Cuneus und Praecuneus) spaltet (*Pr*, *Cn* Fig. 44). Dieser Ausläufer kommt inselförmig an

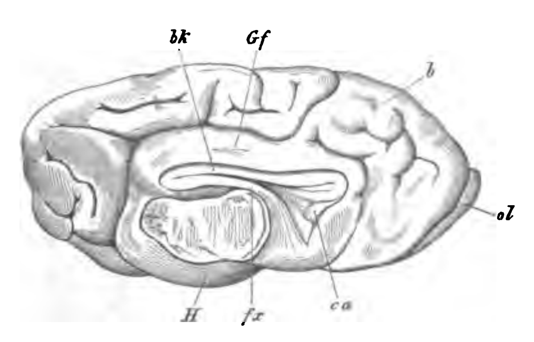


Fig. 43. Gehirn eines Hundes auf dem Medianschnitt. Linke Hemisphäre. *Gf* Bogenwindung. *b* Vorderer, zur Oberfläche tretender Theil derselben. *ol* Riechwindung. *H* Ammonswindung. *bk* Balken. *fx* Gewölbe. *ca* Vordere Commissur.

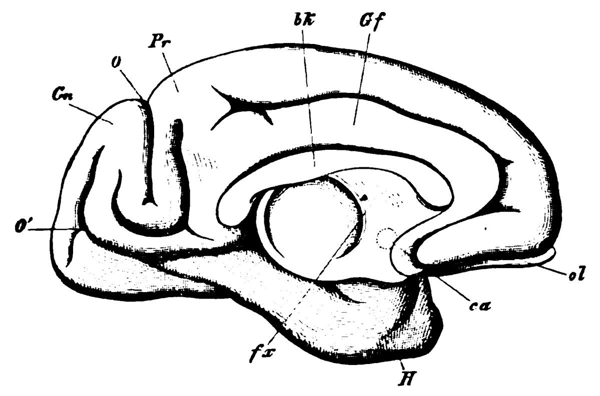


Fig. 44. Gehirn eines Affen (Macacus) auf dem Medianschnitt. Linke Hemisphäre. Nach Gratiolet. *Gf*, *ol*, *H*, *bk*, *fx*, *ca* wie in der vorigen Figur. *Pr* Vorzwickel. *Cn* Zwickel. *O* Senkrechte Hinterhauptsfurche. *O'* Horizontale Hinterhauptsfurche.

der Oberfläche zum Vorschein, denn nach vorn und hinten ist er von anderen Windungen umgeben, gegen welche Zwickel und Vorzwickel häufig durch

---

1) Leuret et Gratiolet, Anatomie comparée du système nerveux, t. I, p. 369. Pansch, Morphologisches Jahrbuch, herausgeg. von Gegenbaur, V, S. 193. Meynert, Archiv f. Psychiatrie VII, S. 257.

Furchen begrenzt sind; ebenso sind dieselben von einander durch eine tiefe Querfurche, die **senkrechte Hinterhauptsfurche**, getrennt (*O*). Ein ähnlicher transversaler Verlauf der Falten waltet nun am ganzen Occipitaltheil des Gehirns vor, von der Stelle an, die dem Stiel der Sylvischen Spalte entspricht, bis zur Hinterhauptsgrenze. Nach vorn ist die Hauptfurche, welche in querer Richtung von oben nach unten verläuft, der ROLANDO'sche **Spalt** oder die **Centralfurche** (*R* Fig. 45); vor und hinter ihr bemerkt man am Gehirn des Menschen und der höheren Affen eine Querfalte, die **vordere** und **hintere Centralwindung** (*VC*, *HC* Fig. 45): beide sind durch kürzere Querfurchen von ihrer Umgebung,

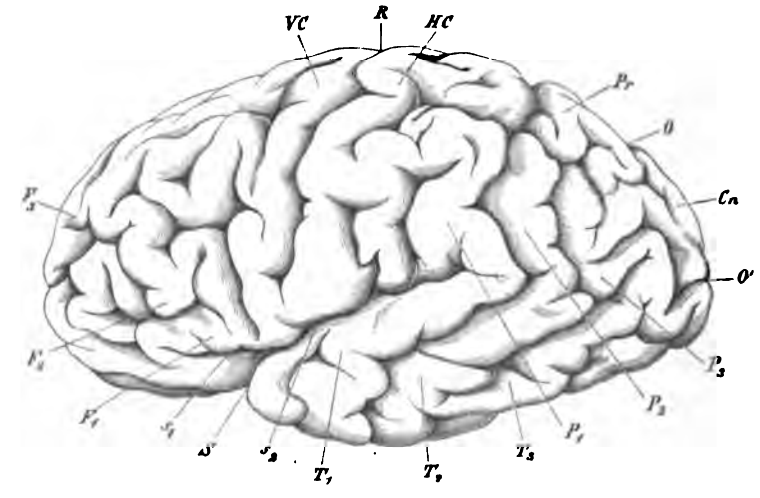


Fig. 45. Furchen und Windungen des menschlichen Gehirns. Linke Seitenansicht. *S* Sylvische Spalte. s_1 vorderer, s_2 hinterer Schenkel derselben. F_1 erste, F_2 zweite, F_3 dritte Stirnwindung. *VC* vordere, *HC* hintere Centralwinkung. *R* ROLANDO'sche Spalte oder Centralfurche. T_1 erste, T_2 zweite, T_3 dritte Schläfenwindung. P_1 erste, P_2 zweite, P_3 dritte Scheitelbogenwindung. *Pr* Vorzwicdel. *Cn* Zwickel. *O* Senkrechte Hinterhauptsfurche. *O'* Horizontale Hinterhauptsfurche.

jene von den Stirnwindungen, diese vom Vorzwickel, geschieden.[1] Eine letzte tiefgehende Querfurche sieht man endlich an der hinteren Grenze des Occipitalhirns: es ist die **horizontale** Occipitalfurche, welche zwischen dem Zwickel und den an die Hirnbasis herabtretenden Windungen sich einsenkt (*O'*). Im Ganzen befinden sich demnach **fünf** stärkere Querfurchen an der Oberfläche des Occipitalhirns, von denen drei den Ausläufern der Bogenwindung und ihrer Umgrenzung angehören. Dagegen wird am **Stirn-** und **Schläfetheil**, also nach vorn vom aufsteigenden, nach unten vom horizontalen Ast der Sylvischen Spalte, der Verlauf der Furchen und Windungen im allgemeinen ein **longitudinaler**, wobei sie

sich zugleich bogenförmig um den Stiel der Sylvischen Spalte krümmen. Sowohl am Frontal- wie am Temporaltheil des Gehirns kann man drei solche Längsfalten unterscheiden; sie bilden die drei Stirn- und die drei Schläfewindungen (F_1—F_3, T_1—T_3), welche sämmtlich auch noch an der Basis des Gehirns sichtbar sind (Fig. 32 S. 65). An der Uebergangsstelle des Occipitaltheils in den Temporaltheil nehmen die Falten eine Mittelstellung ein zwischen dem queren und longitudinalen Verlauf, so dass hier in den Scheitelbogenwindungen (P_1—P_3) ein allmählicher Uebergang aus der einen in die andere Richtung stattfindet; nicht so am Stirntheil, wo die drei Frontalwindungen plötzlich durch die auf sie senkrechte vordere Centralwindung unterbrochen werden. Hiernach besteht der wesentliche Unterschied des Gehirns der Primaten von dem der übrigen Säugethiere darin, dass bei den Primaten die queren Furchen am Occipitaltheil, die longitudinalen am Frontaltheil vorkommen, während bei den meisten andern Säugethieren das umgekehrte der Fall ist. Ein entsprechender Unterschied findet sich im Verlauf der Bogenwindung: diese tritt bei den Primaten am hinteren, bei den niederen Säugethieren am vorderen Theil der Oberfläche zu Tage, was sich am deutlichsten zeigt, wenn man das Primatengehirn mit einem andern Säugethierhirn auf dem Medianschnitt vergleicht (Fig. 43 und 44). Diese Differenzen hängen wahrscheinlich mit dem abweichenden Wachsthumsgesetz beider Gehirnformen zusammen. Das Hirn der meisten Säugethiere wächst während seiner Entwicklung in seinem Occipitaltheil stark in die Breite, der Stirntheil bleibt schmal, es gewinnt daher meist eine nach vorn keilförmig verjüngte Form. Beim Gehirn der Primaten dagegen überwiegt am Occipitaltheil das Längen-, am Frontaltheil das Breitenwachsthum: es nimmt so die Form eines Ovoides an, dessen Hälften vorn sich innig berühren, während sie hinten klaffend auseinandertreten und überdies durch geringere Höhe Raum lassen für das kleine Gehirn, das von ihnen bedeckt wird.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die Querfurchen am großen Gehirn des Menschen und wahrscheinlich der Primaten überhaupt die ursprünglichen sind, indem sie bei jenen nach ECKER schon im fünften Monat des Embryonallebens auf der zuvor glatten Oberfläche sich auszubilden beginnen, während die ersten Spuren der Longitudinalfurchen erst im Laufe des siebenten Monats erscheinen[1]). Solcher queren, in Bezug auf die Sylvische Spalte annähernd radiären Furchen bemerkt man am fötalen Gehirn vier bis fünf. Die stärkste unter ihnen wird zur Centralfurche. Bei den Affen ist dieselbe weniger ausgebildet, dafür ist hier die weiter nach hinten gelegene senkrechte Occipitalfurche, die darum auch als Affenspalte bezeichnet wird, mehr entwickelt. Die hinter dieser befindliche horizontale Occipitalfurche ist am menschlichen

1) ECKER, Archiv f. Anthropologie, III, S. 203 ff.

Gehirn fast nur auf dem Medianschnitt sichtbar (Fig. 33 S. 67 und Fig. 45 *O'*). Sie ist es, die durch ihre Vorragung im hintern Horn die Vogelklaue des Primatengehirns bildet (*vk* Fig. 35, S. 69). Beim Menschen vereinigt sie sich mit der senkrechten Occipitalfurche unter spitzem Winkel, so dass hier der Zwickel ein keilförmig ausgeschnittener, von der Bogenwindung scheinbar getrennter Lappen ist (*Cn* Fig. 33). Bei den Affen ist die horizontale Occipitalfurche weniger tief, der Zusammenhang des Zwickels mit der Bogenwindung wird daher unmittelbar sichtbar (Fig. 44). Während so in dem hinter der Centralfurche gelegenen Theil des Primatengehirns noch mehrere starke Querfurchen sich ausbilden, sind diese in der vorderen Hälfte weniger ausgeprägt. Dagegen kommen die in der späteren Zeit der Embryonalentwicklung erscheinenden longitudinalen Furchen und Windungen gerade am Stirn- und Schläfetheil zur Ausbildung. Die an dem Gehirn aller Primaten zu unterscheidenden drei Longitudinalfalten bilden an Stirne und Schläfen einen unteren, mittleren und oberen Windungszug (Fig. 45). Aber diese Windungszüge bilden nicht, wie bei vielen anderen Säugethieren, die Sylvische Spalte umkreisend zusammenhängende Windungsbogen, sondern die drei Stirnwindungen werden durch die vordere Centralwindung unterbrochen, von den drei Schläfewindungen verläuft sogar nur die oberste in einem starken, den horizontalen Schenkel der Sylvischen Spalte umgreifenden Bogen bis zur hinteren Centralwindung, die zweite und dritte werden durch die von den übrigen Radiärfurchen des Occipitalhirns umgrenzten Lappen, den Vorzwickel und Zwickel, in ihrem Lauf aufgehalten und setzen dann auf der Oberfläche des Scheitelhirns in die drei Scheitelbogenwindungen (P_1—P_3) sich fort. Von ihnen spaltet sich die dritte in zwei Theile, deren einer in den Vorzwickel übergeht, während der andere eine nur auf der Medianansicht sichtbare kleine Windung zwischen Zwickel und Vorzwickel bildet (die vierte Scheitelbogenwindung Bischoff's)[1]. An der Basis des Gehirns hängt die untere Schläfenwindung vorn mit dem kolbenförmigen Ende des hippokampischen Lappens zusammen, hinten geht sie in den äußeren Schenkel eines U-förmig gekrümmten Windungszuges über, welcher die Basis des Occipitalhirns einnimmt, und dessen innerer Schenkel in den Stiel des hippokampischen Lappens einmündet (*O* Fig. 32, S. 65)[2]. Der vordere Theil der Gehirnbasis wird von den nach unten umgeschlagenen drei Stirnwindungen eingenommen, von denen die mittlere und untere am Rand der Sylvischen Spalte in einander übergehen (F_1, F_2, Fig. 32).

Das Furchungsgesetz der Hirnoberfläche lässt sich, wie ich glaube, theils aus den eigenen Wachsthumsspannungen des Gehirns, theils aus dem Einfluss der umschließenden Schädelkapsel auf dasselbe ableiten. Auf die erste dieser Bedingungen dürften die in der frühesten Zeit der Entwicklung auftretenden Furchen zurückzuführen sein. Soll eine Oberfläche durch Faltenbildung an Ausdehnung zunehmen, so wird sie nothwendig in derjenigen Richtung sich aufrollen, in welcher dies mit dem geringsten Widerstande geschehen kann. Ist die Oberfläche in transversaler Richtung stärker gespannt als in longitudinaler, so wird sie demnach in transversale Falten

1) Vgl. Gratiolet, Mémoire sur les plis cérébraux de l'Homme et des Primates. Paris 1854. Bischoff, Abhandlungen der bayer. Akademie der Wissensch. X. München 1868. Ecker, Die Hirnwindungen des Menschen. Braunschweig 1869. Pansch, Die Furchen und Wülste am Großhirn des Menschen. Berlin 1879.

2) Aeußere untere und innere untere Hinterhauptswindung Bischoff's, spindelförmiges und zungenförmiges Läppchen Huschke's.

gelegt oder um eine transversale Axe aufgerollt werden, ähnlich wie ein feuchtes Papier, an dem man rechts und links einen Zug ausübt; umgekehrt muss sie, wenn die Spannung in longitudinaler Richtung stärker ist, sich longitudinal falten oder aufrollen. Findet die Faltung regelmäßig in einer Richtung statt, so wird dies bedeuten, dass der Spannungsunterschied der Oberfläche während ihres Wachsthums ein constanter war; eine unregelmäßige Faltung wird dagegen andeuten, dass die Richtung der größten Spannung gewechselt hat. Wenn nun irgend ein Gebilde nach verschiedenen Richtungen mit ungleicher Geschwindigkeit wächst, so müssen an der Oberfläche desselben Spannungen entstehen, welche in verschiedenen Richtungen ungleich sind, und zwar muss die Richtung der größten Spannung zur Richtung der größten Wachsthumsenergie senkrecht sein, denn ein wachsendes Gebilde kann als ein zusammenhängender elastischer Körper betrachtet werden, bei welchem die durch das Wachsthum veranlasste Deformation irgend eines Theils auf alle anderen eine dehnende Wirkung ausübt, welche an denjenigen Punkten am größten sein wird, wo die geringste selbständige Deformation stattfindet. Die Furchung des kleinen Gehirns mit seinem einfachen Wachsthums- und Faltungsgesetz scheint dieses Princip um so mehr zu bestätigen, da nach der Lage desselben die Einflüsse der Schädelform hier hinwegfallen dürften. Am kleinen Gehirn überwiegt bedeutend während seiner ganzen Entwicklung das Längenwachsthum. Seine größte Oberflächenspannung muss daher in der transversalen Richtung stattfinden, in welcher in der That seine Furchen verlaufen. Nach dem gleichen Princip werden wir erwarten dürfen, dass bei den Primaten die Faltenbildung des großen Gehirns mit zwei verschiedenen Wachsthumsperioden desselben zusammenfällt, mit einer ersten, in welcher allgemein das Wachsthum in der Richtung von vorn nach hinten ein Maximum ist, und mit einer zweiten, in welcher am Stirn- und Temporaltheil die Wachsthumsenergie in transversaler Richtung überwiegt. In der That zeigt die Vergleichung embryonaler Gehirne aus verschiedenen Stadien der Entwicklung auf den ersten Blick, dass die Durchmesserverhältnisse des menschlichen Gehirns während der Ausbildung seiner Form wesentliche Veränderungen erfahren. Während der ersten Wochen der Entwicklung nähert sich das Gehirn im ganzen noch der Kugelform, der longitudinale Durchmesser ist vom größten Querdurchmesser wenig verschieden. Dieser letztere liegt hinter der Sylvischen Spalte, welche, da sich der Schläfelappen noch nicht entwickelt hat, in dieser Zeit eigentlich noch eine Grube darstellt. Indem sich die Grube zur Spalte schließt, rückt der größte Querdurchmesser weiter nach vorn und fällt mit der Stelle zusammen, wo die Spalte vom Schläfelappen überwachsen wird. Während dieser ganzen Zeit überflügelt aber der Längsdurchmesser der Hemisphären immer mehr deren queren Durchmesser, so dass das Verhältniss beider, das noch im dritten Monat 1 : 0,9 war, im Verlauf des fünften und sechsten auf 1 : 0,7 herabsinkt. In diese Zeit fällt nun die Ausbildung der ersten bleibenden Furchen, welche sämmtlich Querfurchen sind, und zwar entstehen zuerst, im Laufe des fünften Monats, die Centralfurche, die senkrechte und horizontale Hinterhauptsfurche[1]), wozu sich im Laufe des sechsten Monats die übrigen primären Radiärfurchen gesellen[2]).

1) Fissura occipitalis perpendicularis (parieto-occipitalis) und transversa (calcarina).
2) Ecker, Archiv f. Anthropologie. III, S. 212. Vergl. die Abbildungen embryonaler Gehirne in der 1.—3. Aufl. dieses Werkes. 3. Aufl. Fig. 52 S. 93.

Vom Ende des sechsten Monats an beginnen sich nun die Wachsthumsverhältnisse des Gehirns zu verändern. Zwar bleibt die Totalform desselben, wie sie im Verhältniss des Längendurchmessers zum größten Querdurchmesser sich ausspricht, im wesentlichen die nämliche, dagegen treten in dem Wachsthum der einzelnen Theile bedeutende Verschiedenheiten gegen früher hervor. Vergleicht man fötale Gehirne vom sechsten bis zum siebenten Monat, so fällt bei der Betrachtung von oben sogleich auf, dass, während der von der Centralfurche nach hinten sich erstreckende Theil in seinem Breite- und Längedurchmesser annähernd gleichförmig zunimmt, der Stirntheil des Gehirns mehr in die Breite als in die Länge wächst. Eine ähnliche Veränderung erfährt der Schläfelappen. Die vordere Spitze desselben reicht schon beim sechsmonatlichen Fötus bis nahe an den nach unten umgeschlagenen Rand des Stirnlappens, aber er ist noch schmal, so dass die Sylvische Grube weit offen ist. In den folgenden Monaten erst schließt sich dieselbe zur Spalte, indem der Schläfelappen vorzugsweise in die Höhe, verhältnissmäßig weniger in die Länge wächst. Die hier angedeuteten Veränderungen treffen nun genau mit der Ausbildung des zweiten Faltensystems, der longitudinalen Furchen, zusammen. Da vorzugsweise das Frontalhirn in die Breite wächst, so müssen hauptsächlich die Stirnwindungen die longitudinale Richtung annehmen. Der Schläfelappen wächst am raschesten in die Höhe, auch hier müssen demnach die sich bildenden Falten von hinten nach vorn verlaufen, im Sinne des um die Sylvische Spalte gekrümmten Bogens. An beiden Theilen der Gehirnoberfläche nehmen nicht nur die neu sich bildenden Falten diese Richtung an, sondern auch einige anfänglich radiär verlaufende Furchen werden später longitudinal und bogenförmig gekrümmt. So gewinnt die Centralfurche selbst eine schräge Stellung; die untere Stirn- und die obere Schläfenfurche sind im sechsten Monat als radiäre oder transversale Furchen angelegt, ordnen sich dann aber durch die Richtungsänderung, die sie erfahren, dem System der Longitudinalfurchen unter. Anders verhält es sich mit dem zwischen der Centralfurche und der Hinterhauptsspitze gelegenen Theil der Hirnoberfläche. Hier behalten im allgemeinen die transversalen Furchen ihre ursprüngliche Richtung, während sie an Tiefe und Ausdehnung zunehmen und nur gegen den Schläfelappen hin allmählich in die longitudinale Bahn übergehen [1]).

Eine dem Wachsthum des Gehirns entgegengesetzte Wirkung muss der Widerstand der Schädelkapsel hervorbringen, der aber wahrscheinlich erst von der spätesten Zeit des Embryonallebens an und nach der Geburt, in der Zeit wo die bleibende Schädelform sich ausbildet, namentlich in Folge des verschiedengradigen Wachsthums der Knochen längs der einzelnen Nähte und des successiven Verschlusses der letzteren sich geltend macht. Findet das wachsende Gehirn einen solchen äußeren Widerstand, so wird es sich nun in Falten legen, welche die Richtung des geringsten Widerstandes einhalten. Bei der dolichocephalen Schädelform werden also die Furchen vorzugsweise longitudinal, von vorn nach hinten, bei der brachycephalen werden sie transversal verlaufen. In der That ist ein solcher Zusammenhang der vorherrschenden Windungsrichtung mit der Schädelform von L. Meyer [2]) und Rüdinger [3]) fest-

1) Messungen embryonaler Gehirne, welche die obigen Angaben unterstützen, habe ich in der ersten Auflage dieses Werkes (S. 101) mitgetheilt.

2) Centralblatt für die med. Wissensch. 1876. Nr. 43.

3) Rüdinger, Ueber die Unterschiede der Großhirnwindungen nach dem Geschlecht beim Fötus und Neugeborenen. München 1877. S. 5 ff.

gestellt worden. Die wirkliche Faltung eines gegebenen Gehirns wird aber natürlich stets das resultirende Erzeugniss dieser beiden Wirkungen der selbständigen Wachsthumsspannungen und der äußeren Widerstände sein, von denen die ersteren hauptsächlich in den ursprünglich angelegten Furchen, die letzteren in den später hinzutretenden Veränderungen zur Geltung kommen müssen.

Die von J. Seitz [1]) wieder erneuerte Annahme Reichert's, die Hirnfurchen seien Nährschlitze, welche durch die Ausbreitung des Gefäßnetzes bedingt seien, scheint mir eine Verwechselung von Grund und Folge zu sein, und jedenfalls wird der oben nachgewiesene Zusammenhang der Furchenrichtung mit den Wachsthumsrichtungen dadurch nicht erklärt. Das letztere gilt auch von der Ansicht Schnopfhagen's [2]), wonach die Rindenwülste in den dem Wachsthum der Projectionsfasern des Marks entsprechenden Richtungen emporgehoben werden sollen. Dagegen stimmen die Ausführungen Jelgersma's [3]) mit der obigen Theorie darin überein, dass derselbe ebenfalls in dem verschiedenen Wachsthumsverhältniss der Rindenoberfläche und der Markmasse die letzte Ursache der eintretenden Faltungen erblickt.

Viertes Capitel.

Verlauf der nervösen Leitungsbahnen.

1. Allgemeine Verhältnisse der Leitung.

Die Betrachtung der Bauelemente des Nervensystems hat bereits der Vorstellung Raum gegeben, dass Gehirn und Rückenmark sammt den aus ihnen entspringenden Nerven ein System leitender Fasern bilden, die durch centrale Apparate, nämlich theils durch die Ganglienzellen, theils durch die Fibrillensysteme der Punktsubstanz, in Verbindung gesetzt sind, während sie in der Peripherie des Körpers in von einander getrennte Bezirke ausstrahlen. Auch die äußeren Formverhältnisse der Centralorgane scheinen diese Vorstellung zu unterstützen. Denn sie lehrten uns eine Reihe von Formationen grauer Substanz kennen, welche die von den äußeren Organen herankommenden Fasern sammeln und ihre Verbindung mit höher gelegenen grauen Anhäufungen vermitteln, bis endlich die zuerst in den Rückenmarkssträngen, dann in den Hirnschenkeln und schließlich im Stabkranz nach oben strebenden Leitungsbahnen in die Hirnrinde ein-

1) Jahrb. der Psychiatrie III S. 325. Vgl. Reichert, Der Bau des menschlichen Gehirns. Leipzig 1859—61, S. 89.
2) Schnopfhagen, Die Entstehung der Windungen des Großhirns. Leipzig und Wien 1891.
3) Neurolog. Centralbl. IX S. 162.

transversale Falten gelegt, welche annähernd Kreisen oder Ellipsen entsprechen, die sämmtlich in einer durch den Mittelpunkt der Kugel oder des Ovoids gelegten transversalen Axe sich schneiden: die letztere ist daher in diesem Fall die gemeinsame Aufrollungsaxe für alle an der Oberfläche sichtbaren Falten (Fig. 29 *A* S. 61). Durchschneidet man aber das Organ senkrecht zur Richtung dieser Axe, so zeigt sich, dass die Tiefe der die einzelnen Erhebungen trennenden Furchen wechselt, indem je eine Gruppe von zwei bis drei Leisten, welche von einander durch seichtere Furchen begrenzt sind, durch tiefere von ihrer Umgebung sich scheidet (Fig. 20 *B* S. 47). Bei den Säugethieren wird die Faltung verwickelter, indem eine größere Zahl leistenförmiger Erhebungen zu einer durch tiefere Furchen gesonderten Gruppe zusammentritt. Außerdem sind häufig mehrere solche Gruppen durch trennende Spalten zu größeren Lappen vereinigt. So kommt es, dass die meisten Windungen in die Tiefe der größeren Falten zu liegen kommen und nur die Endlamellen auf der Oberfläche erscheinen; auf Durchschnitten entsteht hierdurch jenes Bild eines sich in Zweige und Blätter entfaltenden Baumes, welches die alten Anatomen mit dem Namen des Lebensbaumes belegten (*a v* Fig 30 S. 62, vgl. a. *W* Fig. 33 S. 67). Zudem erheben sich nun neben dem mittleren Theil oder Wurm größere symmetrische Seitenhälften. Wo diese, wie z. B. beim Menschen, eine verhältnissmäßig regelmäßige Anordnung der Windungen darbieten, da sind die letzteren ebenfalls vorwiegend transversal gerichtet. Doch verlassen sie diese Richtung gegen den vorderen und hinteren Rand, um allmählich in schräge und selbst longitudinale Bogen überzugehen, welche gegen diejenige Stelle convergiren, wo die Seitentheile an dem Wurm aufsitzen (Fig. 30). Bei vielen Säugethieren kommen übrigens, namentlich an den Seitentheilen, größere Abweichungen in dem Verlauf der Faltungen vor, die sich einer bestimmten Regel nicht mehr fügen: solche sind besonders bei großem Windungsreichthum des Organs zu beobachten. Auch am kleinen Gehirn des Menschen gibt es einzelne durch größere Spalten isolirte Abtheilungen[1], an welchen der Verlauf der Windungen von der im ganzen eingehaltenen Regel mehr oder weniger abweicht, wahrscheinlich in Folge besonderer Verhältnisse des Faserverlaufs, welche das allgemeine Wachsthumsgesetz modificiren. Hiervon abgesehen ist die Gestaltung der Oberfläche dadurch complicirt, dass wir, den Verzweigungen des so genannten Lebensbaumes entsprechend, Falten erster, zweiter und selbst dritter Ordnung unterscheiden können (Fig. 33).

1) Hierher gehört namentlich die Flocke (*fl* Fig. 32 S. 65), ein kleiner federähnlicher Auswuchs am hintern Rand des Brückenschenkels, und die Tonsille (*to* ebend.), ein die medulla oblongata deckender eiförmiger Wulst zwischen dem unteren Wurm und den Seitentheilen.

nennen wir automatische Bewegungen. Bei den Reflexbewegungen werden somit nach einander die centripetale und centrifugale Leitung, bei den automatischen Bewegungen wird unmittelbar nur die letztere in Anspruch genommen.

Die Leitung der Erregungen geschieht auf die relativ einfachste Weise, so lange sie durch den ununterbrochenen Zusammenhang der Nervenfasern vermittelt wird. Sie gestaltet sich verwickelter, wenn der Verlauf der letzteren durch graue Substanz unterbrochen ist. Hierbei können nicht nur Verzweigungen und Richtungsänderungen der Leitungswege stattfinden, sondern es kann auch der Enderfolg des Reizungsvorganges wesentlich verändert werden, sei es dadurch, dass die graue Substanz Leitungsbahnen, die mit verschiedenartigen Endgebieten zusammenhängen, mit einander verbindet, sei es dadurch, dass in ihr selbst der Vorgang modificirt wird. Endlich wird da, wo durch Einschaltung grauer Substanz eine Leitungsbahn sich in mehrere Zweige trennt, stets die Frage gestellt werden können, auf welchem Wege die Erregung am häufigsten, etwa schon bei mäßiger Intensität des Reizes sich fortpflanzt, und welche Wege die selteneren sind, die vielleicht nur bei starken Reizen oder bei ungewöhnlicher Beschaffenheit der Reizbarkeit eingeschlagen werden. Kurz, in allen solchen Fällen wird die Hauptbahn von den Neben- und Zweigbahnen zu unterscheiden sein.

Bei dieser ganzen Untersuchung stützt man sich auf ein Princip, ohne welches dieselbe überhaupt nicht geführt werden könnte, auf das Princip nämlich, dass innerhalb jeder Leitungsbahn der Reizungsvorgang isolirt bleibt, nicht auf benachbarte Bahnen überspringt. Die Richtigkeit dieses Princips, welches als das Gesetz der isolirten Leitung bezeichnet wird, erhellt aus der Thatsache, dass die Erregungsvorgänge im allgemeinen, bei normaler Beschaffenheit der Reizbarkeit und nicht zu hoher Intensität der Reize, örtlich beschränkt bleiben. Ein genau localisirter äußerer Eindruck auf eine Sinnesoberfläche erzeugt eine scharf begrenzte Empfindung, ein auf eine bestimmte Bewegung gerichteter Willensimpuls bringt eine umschriebene Muskelzusammenziehung hervor. Mehr freilich als eine in der Regel stattfindende Sonderung der Vorgänge in den Hauptbahnen beweisen diese Thatsachen nicht, eine strenge Isolirung der Reizung innerhalb jeder Primitivfibrille ist nicht einmal während des peripherischen und noch weniger während des centralen Verlaufs derselben sichergestellt. Vor allem aber erscheint die Nervenzelle durch die Fortsätze, die sie entsendet, und durch die zahlreichen Verzweigungen, die viele dieser Fortsätze in der grauen Punktsubstanz erfahren, als ein Organ, welches Leitungswege vereinigt oder zerstreut.

Werden durch irgend welche Bedingungen bestimmte Bahnen unter-

mehr in die Länge als in die Breite entwickelt zu sein, so dass er nur einen schmalen Raum seitlich vom vorderen Theil der Längsspalte ausfüllt. Doch nicht bloß diejenigen Falten, die von dem Hervortreten der Bogen- und Riechwindung herrühren, sind quer gerichtet; auch die übrigen auf diesen vorderen Theil des Gehirns sich erstreckenden Furchen nehmen dieselbe transversale Richtung an. Dabei können entweder die nämlichen Falten, die an der Occipitalfläche die longitudinale Richtung besitzen, vorn in die transversale umbiegen, oder es können plötzlich die Längsfurchen unterbrochen werden und Querfurchen an ihre Stelle treten. Für das erstere Verhalten ist das durch die Regelmäßigkeit und Symmetrie seiner Windungen ausgezeichnete Carnivorengehirn ein augenfälliges Beispiel (Fig. 41); dem zweiten Typus folgen die meisten anderen windungsreicheren Säugethierhirne, wobei übrigens immerhin einzelne der Längsfurchen oft in Querfurchen sich fortsetzen. Meistens sind es zwei Hauptfurchen, welche so entweder vollkommen selbständig oder nach rückwärts in Längsfurchen übergehend den Frontaltheil des Gehirns transversal durchziehen; zu ihnen kommt dann noch die hintere Begrenzungsfurche der Bogenwindung, sowie die Furche zwischen Bogen- und Riechwindung, so dass die Gesammtzahl der vorderen Querfurchen meistens auf vier sich beläuft[1]).

Sowohl die longitudinalen wie die transversalen Falten sind gewöhnlich nur an der oberen und äußeren Fläche der Hemisphären sichtbar. Die Basis des großen Gehirns pflegt ganz und gar von den bereits früher besprochenen Furchen und Windungen eingenommen zu sein, nämlich vorn von der Riechwindung und hinten von dem lobus hippocampi (Fig. 41 *o b*, *H*), neben denen höchstens ein schmaler Saum sichtbar bleibt, der den äußersten Windungen der Hirnoberfläche angehört. Auf dem medianen Durchschnitt erblickt man bei den meisten Gehirnen nur die Bogenwindung und ihre Fortsetzung, nach hinten in den hippocampischen Lappen, nach vorn in die Riechwindung (Fig. 43). Nur wo diese Gebilde mehr zurücktreten, wie am Gehirn der Cetaceen, der Affen und des Menschen, kommen die Windungszüge der Oberfläche zum Theil auch hier zum Vorschein. Diese Gehirne zeigen aber noch in anderer Beziehung bedeutende Abweichungen von dem allgemeinen Furchungsgesetz des Säugethierhirns. Bei den Cetaceen, deren peripherische und centrale Geruchsorgane gänzlich verkümmern, bleibt die Bogenwindung in der Tiefe verborgen, und eine Riechwindung existirt nicht. Die Hauptfurchen der Oberfläche ziehen in der ganzen Länge des außerordentlich in die Breite entwickelten

---

1) In der 1.—3. Aufl. des vorliegenden Werkes sind diese Verhältnisse an einer Reihe von Säugethiergehirnen erläutert. (Vgl. 3. Aufl. Fig. 48, S. 86).

in dem einfachsten der Centralorgane, im Rückenmark, sowie in den nächsten Fortsetzungen der Rückenmarksstränge, den Hirnschenkeln; und für die Frage nach der Zuordnung bestimmter Gebiete der Hirnrinde zu bestimmten peripherischen Organen des Körpers. Die erste dieser Fragen hat man namentlich mittelst isolirter Durchschneidung einzelner Markstränge, die zweite durch beschränkte Reizungs- und Exstirpationsversuche einzelner Rindengebiete zu beantworten gesucht. Doch selbst bei dieser Beschränkung ist es schwierig, einwurfsfreie Resultate zu gewinnen. Jede Reizung theilt sich fast unvermeidlich umgebenden Theilen mit, namentlich bei dem wegen seiner sonstigen Vorzüge fast allein anwendbaren Reizmittel, dem elektrischen Strom. Das nämliche gilt von den Störungen, welche einer Trennung der Nervensubstanz nachfolgen. Ist es endlich geglückt, die Einwirkung möglichst zu isoliren, so bleibt oft genug die Deutung der Erscheinungen unsicher. Die Muskelcontraction, die einer Reizung folgt, kann unter Umständen ebenso gut von einer directen Erregung motorischer Fasern, wie von einer Reaction auf Empfindungseindrücke herrühren. Die Functionsstörungen aber, die in Folge von Durchschneidungen und Exstirpationen eintreten, lassen sich immer erst nach längerer Beobachtung feststellen. Hierdurch wird nun die Sicherheit der Resultate wieder erheblich beeinträchtigt, da sich die direct erzeugten Störungen meistens allmählich ausgleichen, wahrscheinlich indem, vermittelst der oben erwähnten Verbindungen zahlreicher Leitungswege in der grauen Substanz, andere Theile für diejenigen eintreten, deren Function aufgehoben wurde.

Die Lücken, die das physiologische Experiment lässt, ergänzt die anatomische Untersuchung insofern, als sie gerade auf jene Ermittelung der Verbindungswege zwischen functionell zusammengehörigen Gebieten hauptsächlich ausgeht, welche der physiologische Versuch zum größten Theile unerledigt lässt. Zwei Wege hat zu diesem Zweck die Anatomie successiv eingeschlagen: die makroskopische Zerfaserung des gehärteten Organs und die mikroskopische Zerlegung desselben in eine Reihe dünner Schnitte. Wenn die erste dieser Methoden wegen der Gefahr, die sie in sich schließt, Kunstproducte des zerlegenden Messers für wirkliche Faserzüge anzusehen, in neuerer Zeit in Verruf gekommen ist, so übersieht man einerseits, dass sie vorsichtig angewandt ein immerhin schätzbares Hülfsmittel zur Orientirung über gewisse breitere Verlaufswege abgibt, und ist man anderseits geneigt die Gefahr zu unterschätzen, welche die Interpretation der mikroskopischen Bilder mit sich führt. Diese aber hat einen um so größeren Spielraum, je weniger das ideale Ziel der mikroskopischen Durchforschung des Centralorgans, seine vollständige Zerlegung in eine unendliche Zahl von Schnitten genau bestimmter Richtung,

thatsächlich erreichbar ist. Wesentlich vervollkommnet wurde übrigens in neuerer Zeit die mikroskopische Zergliederung der Centralorgane wie der Anhangsgebilde des Nervensystems (Sinnesorgane, Muskeln u. s. w.) durch die Anwendung der Färbungsmethoden, die eine sicherere Trennung der nervösen von anderen Elementartheilen und dadurch eine viel weitergehende Verfolgung des Zusammenhangs der ersteren möglich machen [1]. Eine höchst bedeutsame Ergänzung findet ferner die anatomische an der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung. Indem diese feststellt, dass die Ausbildung gewisser physiologisch zusammengehöriger Fasersysteme des Centralorgans in verschiedenen Zeiträumen der fötalen Entwicklung erfolgt, macht sie es möglich, wenigstens einzelne der hauptsächlichsten Verlaufsbahnen nahezu vollständig zu verfolgen. Auch diese Methode findet freilich daran ihre Grenze, dass die gleichzeitig entwickelten Fasersysteme immer noch zahlreiche Gruppen einschließen können, welche eine verschiedene functionelle Bedeutung besitzen.

Die pathologische Beobachtung, indem sie zu der Ermittelung der functionellen Störungen diejenige der anatomischen Veränderungen hinzufügt, vereinigt in gewissem Grade die Vorzüge der physiologischen mit denjenigen der anatomischen Untersuchung. Für die Erforschung der Leitungswege aber ist die pathologisch-anatomische Beobachtung vor allem dadurch fruchtbar geworden, dass sie auf ein ähnliches Princip wie die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung sich stützen kann, weil die zu bestimmten Functionsherden gehörenden Fasern in Folge der aufgehobenen Function secundär erkranken. Wenn daher nicht sonstige Bedingungen eine zufällige Coexistenz der Erkrankung wahrscheinlich machen, so können solche Fasern, die gleichzeitig pathologisch verändert sind, als functionell zusammengehörige aufgefasst werden. Von besonderem Vortheil verspricht die Beobachtung der secundären Degenerationen durch ihre Verbindung mit dem physiologischen Experimente zu werden. Diese combinirte Methode kann wieder zwei Wege einschlagen. Entweder wird an irgend einer Stelle des centralen oder peripherischen Nervensystems eines Thieres eine Continuitätstrennung vorgenommen und die eintretende Functionsstörung beobachtet, worauf dann nach längerer Zeit auf anatomischem Wege die Bahnen festzustellen sind, auf denen sich die secundäre Degeneration ausbreitet, oder es wird in früher Lebenszeit ein peripherisches Organ, wie das Auge, das Ohr, zerstört und der Einfluss beobachtet, den dieser Ausfall bestimmter Functionen auf die Entwicklung der nervösen Centralorgane ausübt.

1) Als die folgenreichsten dieser Methoden seien erwähnt: das von GOLGI ausgebildete Verfahren der Metall- (namentlich Silber-) Imprägnation und die von NISSL, RETZIUS, DOGIEL u. A. angewandte Färbung mit Methylenblau.

Von den oben erwähnten drei Hauptmethoden hat die erste rein physiologische durch die Versuche von MAGENDIE, LONGET, BROWN-SÉQUARD, SCHIFF, CHAUVEAU u. A. zuerst zu einigen, freilich noch unvollkommenen Aufschlüssen über den Verlauf der Leitungsbahnen im Rückenmark und theilweise auch im verlängerten Mark und in den Hirnschenkeln geführt. Erst in neuester Zeit, nachdem durch HITZIG und FRITSCH die früher verbreitete Meinung, dass der Hirnmantel unerregbar sei, beseitigt war, sind hierzu zahlreiche Versuche hinzugekommen, welche auf die Feststellung der Endigungen der einzelnen Leitungsbahnen in der Hirnrinde gerichtet sind; wir werden dieselben unter Nr. 9 kennen lernen. Für die Erforschung der mikroskopischen Structur der Centralorgane haben STILLING's Arbeiten zuerst ein umfangreiches Material geliefert. Die ersten Versuche, aus den nach STILLING's Methode gewonnenen mikroskopischen Schnittbildern ein Structurschema des ganzen Cerebrospinalorgans und seiner Leitungswege zu entwerfen, rühren von MEYNERT und LUYS[1]) her. Unter ihnen hat sich namentlich MEYNERT durch sein auf Grund umfassender Forschungen und mit Hülfe einer seltenen Combinationsgabe entworfenes Bild der Gehirnstructur ein großes Verdienst erworben. Ist auch das von ihm aufgestellte Schema der Leitungsbahnen vielfach hypothetisch und in manchen Punkten schon jetzt unhaltbar geworden, so bot es doch einen Ausgangspunkt für weitere mikroskopische Forschungen, die von nun an in der That zumeist theils ergänzend, theils berichtigend an das MEYNERT'sche Structurbild anknüpften, und bei denen namentlich die Verwerthung der verschiedenen, eine sichere Erkennung der nervösen Elemente gestattenden Färbemethoden eine wichtige Rolle spielte. Gesicherte, aber freilich wegen des beschränkten Vorkommens der betreffenden pathologischen Affectionen nur für gewisse Leitungsbahnen zu verwerthende Ergebnisse liefert die Untersuchung der secundären Degenerationen der Nervenfasern, auf die zuerst LUDWIG TÜRCK hinwies; in neuerer Zeit sind namentlich von CHARCOT und seinen Schülern zahlreiche Beobachtungen über diesen Gegenstand gesammelt worden[2]). Die äußeren Merkmale der secundären Degeneration bestehen zunächst in einer Umwandlung der Markscheiden: diese werden tinctionsfähig für gewisse Farbstoffe, wie Carmin, in welchen normale Markscheiden sich nicht färben, und schwinden dann allmählich gänzlich; zugleich wandeln sich die Axencylinder in bindegewebige Fasern um, zwischen denen Fettkörnchenzellen auftreten. Die Ursachen dieser Veränderung, von welcher centrale sowohl wie peripherische Fasern ergriffen werden, sind nicht völlig aufgeklärt. Entweder betrachtet man sie mit TÜRCK als Folgen der aufgehobenen Function oder mit CHARCOT als Folgen der Trennung von den Ernährungscentren. Beide Ansichten sind übrigens keineswegs unvereinbar, da die Ganglienzellen für die aus ihnen hervorgehenden Fasern möglicher Weise gleichzeitig die Bedeutung von Erregungs- und von Ernährungscentren besitzen können (vgl. Cap. VI). Der Werth der Degenerationen für die Erforschung der Leitungswege beruht darauf, dass die Veränderung stets innerhalb

1) MEYNERT. Art. Gehirn in STRICKER's Gewebelehre, S. 694 ff. Psychiatrie. 1. Hälfte. Wien 1884. LUYS, Recherches sur le système nerveux cérébro-spinal. Paris. 1865. Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen. (Internat. wissensch. Bibliothek.) Leipzig 1877.

2) TÜRCK, Sitzungsber. der Wiener Akad. mathem.-naturw. Cl., VI, S. 288 und XI, S. 93. CHARCOT, Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau. Paris 1875.

zusammenhängender Fasersysteme, und zwar vorzugsweise in einer Richtung von der Unterbrechungsstelle an bis zum nächsten Centralherd grauer Substanz fortschreitet. Diese Richtung fällt wahrscheinlich für alle Fasern mit der Leitungsrichtung zusammen, so dass also die Degeneration der motorischen Fasern centrifugal, diejenige der sensorischen theils centripetal theils centrifugal erfolgt. Doch scheint bei länger bestehender Unterbrechung der Leitung sowie bei jugendlichen Thieren immer auch die entgegengesetzte Richtung in gewissem Grade ergriffen zu werden[1]). Verwandt dieser pathologisch-anatomischen ist die von His und Flechsig angewandte Methode der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung. Sie beruht auf dem Nachweis, dass in den verschiedenen Fasersystemen die durch ihre weiße Farbe schon makroskopisch erkennbare Markscheide zu verschiedenen Zeiten der embryonalen Entwicklung sich ausbildet, indem das Mark zuletzt in denjenigen Rückenmarkssträngen, welche direct zur Großhirnrinde emporsteigen, etwas früher in solchen, die sich zum Kleinhirn begeben, und am frühesten in den übrigen erkennbar wird[2]). Da man nun mit Wahrscheinlichkeit voraussetzen darf, dass die Markscheidenbildung in derselben Reihenfolge wie die vorangehende Entwicklung der Nervenfasern von statten geht, so lässt sich hieraus auf eine systemweise Ausbildung der Fasern schließen, welche, insoweit als die Entwicklung der Systeme zeitlich aus einander fällt, eine Sonderung der durch sie repräsentirten Leitungsbahnen gestattet. Viel versprechend sind endlich noch die Beobachtungen über die secundäre Atrophie der zu bestimmten peripherischen Bewegungs- oder Sinnesapparaten gehörigen Centraltheile, auf welche Gudden zuerst in Versuchen an neugeborenen Thieren aufmerksam machte[3]). Auch beim erwachsenen Menschen können solche secundäre Atrophien nach lange bestandenem Defect sich einstellen. So ist Schwund des Vierhügels nach dem Verlust des Auges schon öfter beobachtet; in einzelnen derartigen Fällen ist sogar secundäre Atrophie von Großhirnwindungen nachgewiesen worden[4]). Da der peripherische Defect lange Zeit bestehen muss, ehe er solche Folgen herbeiführt, so werden aber die auf diesem Wege zu sammelnden Erfahrungen am Menschen wohl immer verhältnissmäßig spärlich bleiben. Auch ist es, wie wir später sehen werden, zweifelhaft, ob die Trennung der Functionen der einzelnen Centraltheile eine so strenge ist, dass nicht durch stellvertretende Steigerung der Functionen anderer Theile von verwandter psychischer Bedeutung die centralen Wirkungen einer secundären Atrophie nach sehr langer Zeit wieder unerkennbar werden. (Vergl. unten Nr. 9.)

1) Westphal, Archiv f. Psychiatrie, II, S. 415. Gudden, ebend. S. 693. Mayser, ebend. VII, S. 539. Forel, ebend. XVIII. S. 162.
2) Flechsig, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. Leipzig 1876, S. 198. Ueber Systemerkrankungen im Rückenmark. Leipzig 1878. His, Abhandl. d. sächs. Ges. d. Wiss. math.-phys. Cl. XIII, S. 479, XIV, S. 341.
3) Gudden, Archiv f. Psychiatrie, II, S. 693.
4) Huguenin, Correspondenzblatt f. schweizerische Aerzte 1878, Nr. 22.

3. Leitung in den peripherischen Nerven und im Rückenmark.

Der Gedanke liegt nahe, die Erforschung der nervösen Leitungsbahnen bei einem Endpunkte derselben anzufangen und von da zum andern Ende zu schreiten, indem man diejenige Richtung einhält, welche die geleiteten Vorgänge selber nehmen. Von diesen beginnen nun, wie oben bemerkt wurde, die einen in den peripherischen Organen und verlaufen centripetal zum Gehirn, die andern gehen vom Centralorgane aus und eilen centrifugal nach der Peripherie des Körpers. Aber es würde offenbar unzweckmäßig sein, dergestalt entgegengesetzte Ausgangspunkte für die verschiedenen Leitungswege zu benutzen, da diese doch an mehreren Stellen ihres Verlaufs in Beziehung zu einander stehen. So scheint es denn angemessen, hier überhaupt nicht ein physiologisches, sondern ein anatomisches Princip in den Vordergrund zu stellen und die Verfolgung der Bahnen bei demjenigen Punkte zu beginnen, wo dieselben am einfachsten angeordnet sind. Dieser fest bestimmte Punkt liegt aber da, wo die Nerven unmittelbar in der Form der so genannten Nervenwurzeln aus den Centralorganen hervortreten. Von hier aus wollen wir die Leitungswege zuerst in die Peripherie des Körpers, dann in die Centralorgane hinein verfolgen.

Aus dem Rückenmark treten die Nervenwurzeln in zwei Längsreihen, einer hinteren und vorderen. Die hinteren Nervenwurzeln sind sensibel, ihre Reizung erzeugt Schmerz, ihre Durchschneidung macht die ihnen zugeordneten Strecken der Haut unempfindlich; die vorderen Nervenwurzeln sind motorisch, ihre Reizung bewirkt Muskelcontraction, ihre Durchschneidung Muskellähmung. Die Fasern der hinteren Wurzeln leiten centripetal, nach ihrer Durchschneidung verursacht nur die Reizung des centralen Stumpfes Empfindung, nicht die des peripherischen; die Fasern der vorderen Wurzeln leiten centrifugal, hier erzeugt Reizung des peripherischen Stumpfes Muskelzuckung, nicht die des centralen [1]).

Aus dieser von CARL BELL zuerst ausgesprochenen und daher unter dem Namen des BELL'schen Satzes bekannten Thatsache geht hervor, dass an der Ursprungsstelle der Nerven die sensibeln und die motorischen Leitungsbahnen vollständig von einander gesondert sind. Für die Hirn-

1) Eine Ausnahme bildet die von MAGENDIE entdeckte, von BERNARD und SCHIFF bestätigte Erscheinung, dass der peripherische Stumpf der vorderen Wurzel ebenfalls eine schwache Sensibilität zeigt, die aber verschwindet, sobald man die hintere Wurzel durchschneidet (SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie, I, S. 144). Wahrscheinlich beruht diese »rückläufige Sensibilität« darauf, dass die sensible Wurzel an die motorische oder an das die letztere bedeckende Neurilemm Fasern abgibt.

nerven gilt der nämliche Satz mit der Erweiterung, dass bei den meisten derselben diese Scheidung nicht bloß auf einer kurzen, nahe dem Ursprung gelegenen Strecke, sondern entweder während ihres ganzen Verlaufes oder doch auf einem längeren Theil ihrer Bahn erhalten bleibt [1]). Ihren Grund hat die Vereinigung der sensibeln und motorischen Wurzeln zu gemischten Nervenstämmen ohne Zweifel in der räumlichen Endausbreitung der Nervenfasern. Die Muskeln und die sie bedeckende Haut werden von gemeinsamen Nervenzweigen versorgt. Die Trennung der functionell geschiedenen Leitungsbahnen auf ihrem ganzen Verlaufe bleibt daher nur bei jenen Hirnnerven bestehen, deren Endigungen ihren Ursprungsorten beträchtlich genähert sind, während die Ursprungsorte selbst weiter auseinandertreten. Hier führt der getrennte Verlauf einfachere räumliche Verhältnisse mit sich als die anfängliche Vereinigung jener sensibeln und motorischen Fasern, die sich zu benachbarten Theilen begeben.

Wie der Ursprung, so richtet sich auch der weitere peripherische Verlauf der Nerven wesentlich nach den Bedingungen ihrer Verbreitung. Solche Fasern, die zu gemeinsam wirkenden Muskeln, oder die zu einander genäherten Theilen der Haut gehen, ordnen sich zusammen. Nachdem vordere und hintere Nervenwurzeln einen gemischten Nerven gebildet haben, gelangt daher letzterer nicht immer einfach und auf dem kürzesten Wege zu den Orten seiner Ausbreitung, sondern er tritt häufig mit andern Nerven in einen Faseraustausch. Auf diese Weise entstehen die so genannten Nervengeflechte (Plexus). Die Bedeutung derselben wird man darin sehen müssen, dass die Nervenfasern bei ihrem Ursprung aus dem Centralorgan zwar vorläufig bereits so geordnet sind, wie es den Bedingungen ihrer peripherischen Verbreitung entspricht; dass aber diese Ordnung doch noch keine vollständige ist, sondern nachträglich ergänzt werden muss. Die Plexus treten deshalb vorzugsweise an solchen Stellen auf, an denen sich Körpertheile befinden, die starker Nervenstämme bedürfen, wie die beiden Extremitätenpaare. Hier machen es schon die räumlichen Bedingungen des Ursprungs unmöglich, dass die Nerven genau so aus dem Rückenmark hervortreten, wie sie in der Peripherie sich verbreiten. Außer dieser ergänzenden hat aber die Plexusbildung ohne Zweifel auch noch eine compensirende Bedeutung. Beim Ursprung aus den Centralorganen werden diejenigen Nervenfasern einander am meisten

1) Rein sensibel sind nämlich Riech-, Seh- und Hörnerv, rein motorisch die Augenmuskelnerven, der Angesichts- und Zungenfleischnerv (Facialis, Hypoglossus); ähnlich den Rückenmarksnerven, d. h. nur nahe dem Ursprung unvermischt, sind der Trigeminus, Glossopharyngeus und der Vagus mit dem Accessorius; bloß bei den letzteren besitzt die sensible Wurzel ein Ganglion, das den eigentlichen Sinnesnerven fehlt.

genähert sein, welche in functioneller Verbindung stehen. Diese letztere geht nun zwar häufig, aber durchaus nicht überall mit der räumlichen Ausbreitung zusammen. So vereinigen sich z. B. die Beuger des Ober- und Unterschenkels zu gemeinsamer Action: jene liegen aber an der Vorder-, diese an der Hinterseite des Gliedes und empfangen daher aus verschiedenen Nervenstämmen, jene vom Schenkel-, diese vom Hüftnerven, ihre Fäden. Haben nun die Nerven für die Beuger der ganzen Extremität einen benachbarten Ursprung, so müssen sie im Hüftgeflecht in jene nach verschiedenen Richtungen abgehenden Stämme sich ordnen. Wahrscheinlich kommt den einfacheren Verbindungen der Wurzelpaare mehr die ergänzende, den complicirteren Plexusbildungen mehr die compensirende Bedeutung zu.

Da die motorische Wurzel in die vordere, die sensible in die hintere Hälfte des Rückenmarks sich einsenkt, so liegt die Vermuthung nahe, dass im Innern dieses Centralorgans die Leitungsbahnen in der nämlichen Ordnung gesondert nach oben laufen. In der That wird dies im allgemeinen durch die physiologische Erfahrung bestätigt. Zugleich ergibt aber die letztere, dass schon im Rückenmark die einzelnen Fasersysteme sich mannigfach durchflechten. So zeigen die Erfolge der Trennung einer Markhälfte, dass nicht alle Leitungsbahnen auf der nämlichen Seite verbleiben, auf welcher die Nervenwurzeln in das Mark eintreten, sondern dass ein Theil derselben innerhalb des Rückenmarks von der rechten in die linke Hälfte übertritt und umgekehrt. Allerdings sind die Angaben verschiedener Beobachter über Art und Umfang der nach halbseitigen Durchschneidungen eintretenden Leitungsstörungen nicht völlig übereinstimmend [1]; auch bestehen offenbar nicht bei allen Thierclassen gleichförmige Verhältnisse. Sowohl die Versuche an Thieren wie pathologische Beobachtungen am Menschen gestatten aber keinen Zweifel, dass mindestens die sensorischen Fasern stets eine theilweise Kreuzung erfahren, da nach Trennung der einen Markhälfte auf keiner Körperseite eine vollständige Lähmung der Empfindung eintritt [2]. Variabler scheinen sich in dieser Beziehung die motorischen Bahnen zu verhalten. Während die Versuche an Thieren ebenfalls auf eine partielle Kreuzung hinweisen, wobei aber immerhin die Mehrzahl der Fasern auf der gleichen Seite verbleibt [3], pflegt man aus pathologischen Beobachtungen zu schließen, dass im

1) Zur Geschichte dieser Controverse vergl. v. Bezold, Ztschr. f. wiss. Zoologie, IX, S. 307.

2) Schiff, Physiologie, I, S. 233.

3) Brown-Séquard, Lectures p. 48. Vulpian, Leçons sur la physiologie du système nerveux. Paris 1866, p. 385. Osann, Die Leitungsbahnen im R.-M. des Hundes. Straßburg 1882.

Rückenmark des Menschen die motorischen Bahnen völlig ungekreuzt verlaufen [1]). Wie theilweise zwischen den beiden Hälften des Rückenmarks, so finden sich übrigens innerhalb jeder dieser Hälften Verflechtungen der Fasern und Aenderungen ihrer Verlaufsrichtung. Zwar scheinen bei allen Wirbelthieren die Vorderstränge den vorderen, die Hinterstränge den hinteren Nervenwurzeln zu entsprechen, so dass in den ersteren nur motorische, in den letzteren nur sensorische Bahnen enthalten sind. Dagegen tritt in den Seitensträngen, wie Versuche an Thieren [2]) und die Verbreitung secundärer Degenerationen beim Menschen [3]) gleicher Weise zeigen, eine Vermischung beider Bahnen ein, in Folge deren ein Theil des motorischen Fasersystems bis an die Grenze des Hinterstrangs verschoben wird, wo Abzweigungen der sensorischen Bahn ihn von allen Seiten umfassen.

An den auf diese Weise eintretenden Verflechtungen der Fasersysteme ist wahrscheinlich die den Centralcanal umgebende graue Substanz wesentlich betheiligt, indem sie von bestimmten Richtungen her Fasern aufnimmt, um sie nach andern Richtungen wiederum abzugeben. Physiologische Thatsachen lassen vermuthen, dass die Fasern der Nervenwurzeln entweder sofort oder bald nach ihrem Eintritt in das Mark in grauer Substanz endigen. Diese Annahme wird auch dadurch unterstützt, dass die Fasern der Rückenmarksstränge eine veränderte Reizbarkeit annehmen. Während nämlich die peripherischen Nerven leicht durch mechanische oder elektrische Reize zur Erregung gebracht werden können, ist dies bei den Rückenmarksfasern nicht mehr der Fall, so dass ihnen von manchen Beobachtern überhaupt die Reizbarkeit abgesprochen wurde [4]). Ist dies auch zu weit gegangen, da sich entweder durch Summation der Reize oder unter Zuhülfenahme von Giften, welche die centrale Reizbarkeit erhöhen, wie z. B. von Strychnin, eine Erregung immer erzielen lässt, so deutet doch dieses veränderte Verhalten, welches sich überall an centralen Fasern vorfindet [5]), auf die eingetretene Einschaltung grauer Substanz hin. Die letztere wird nun aber dadurch von großem Einfluss auf die Leitungsvorgänge, dass sie eine von der Peripherie her eintretende

---

1) W. Müller, Beiträge zur patholog. Anatomie und Physiologie des menschlichen Rückenmarks. Leipzig 1871, S. 3 ff. Auch aus der bei apoplektischen Ergüssen im Gehirn zu beobachtenden Beschränkung der motorischen Lähmung auf die entgegengesetzte Körperseite erschließt man einen ungekreuzten Verlauf. Vgl. jedoch unten S. 103 f. u. 116.

2) Ludwig und Woroschiloff, Berichte der sächs. Gesellschaft der Wissensch. zu Leipzig, math.-phys. Classe 1874, S. 296.

3) Flechsig, Ueber Systemerkrankungen im Rückenmark. Leipzig 1878, S. 48 f. (Ebend. Taf. IV, Fig. 2.) Neurolog. Centralbl. IX, 2, 3.

4) van Deen, in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen. VI, 1859, S. 279. Schiff, Lehrbuch der Physiol. I, S. 238, Pflüger's Archiv XXVIII, XXIX, S. 537 ff., XXX, S. 199 ff.

5) Vgl. Cap. VI.

Bahn offenbar nicht bloß mit einer einzigen, sondern mit vielen centralen Leitungswegen in Verbindung bringt, wobei zugleich die Widerstände, die sich auf den einzelnen Wegen, auf denen sich eine Erregung ausbreiten kann, derselben entgegensetzen, von verschiedener Größe sind. So kommt es, dass neben einer Hauptbahn, auf der unter normalen Verhältnissen die Erregungen von mäßiger Stärke geleitet werden, stets noch Nebenbahnen zu unterscheiden sind, welche nur entweder bei größerer Intensität der Reize oder erhöhter Reizbarkeit oder auch in Folge des Ausfalls der Hauptbahnen in Anspruch genommen werden. Diese Auffassung findet theils in gewissen Erscheinungen nach partiellen Durchschneidungen des Rückenmarks, theils in der Beobachtung der später (in Cap. V) ausführlicher zu besprechenden Rückenmarksreflexe sowie der Mitempfindungen und Mitbewegungen ihre Stütze. Werden an einer Stelle die weißen Markstränge sämmtlich durchschnitten, so dass nur eine schmale Brücke grauer Substanz übrig bleibt, so können immer noch Empfindungseindrücke und Bewegungsimpulse geleitet werden, nur müssen dieselben eine stärkere Intensität als gewöhnlich besitzen. Zugleich ist dieses Leitungsvermögen der grauen Substanz nicht an bestimmte Richtungen gebunden: die Vorderhörner leiten nöthigenfalls Empfindungsreize, die Hinterhörner motorische Erregungen [1]). Ebenso findet man, dass die Lähmungserscheinungen, die in Folge der Durchschneidung einer Partie der weißen Stränge eingetreten sind, nach kurzer Zeit wieder gehoben werden, ohne dass doch eine Verheilung der Durchschnittsstelle eingetreten wäre [2]). Die Erscheinungen der Mitempfindung und der Reflexbewegung endlich weisen darauf hin, dass in dem Rückenmark die Reizungsvorgänge nicht, wie in einem gemischten Nervenstamm, einfach geleitet werden, sondern dass eine Uebertragung der Erregung theils innerhalb der sensorischen Leitung, theils von sensorischen auf motorische Bahnen stattfinden kann. Als Ort dieser Uebertragung ist wiederum die graue Substanz zu betrachten, da die vollständige Trennung derselben bei Erhaltung eines Theils der vordern und hintern Markstränge das Reflexvermögen aufhebt. Die Uebertragungen innerhalb der sensorischen Leitung scheinen nur auf der nämlichen Rückenmarkshälfte stattzufinden, welche der primären Reizung entspricht, da die Mitempfindungen, die bei der Reizung einer Hautstelle beobachtet werden, stets Hautstellen derselben Seite angehören. In den motorische Bahnen verbindenden Theilen der grauen Substanz finden wahrscheinlich ähnliche Uebertragungen statt; die so entstehenden Mitbewegungen beschränken sich aber meist gleichfalls auf Muskeln der nämlichen Körperseite, und

1) Schiff, Physiologie, I, S. 257, 282.
2) Ludwig und Woroschiloff a. a. O. S. 297.

zugleich auf solche, die dem direct innervirten Muskel benachbart sind. Uebrigens können die im Rückenmark entspringenden Mitempfindungen und Mitbewegungen nicht sicher von denjenigen unterschieden werden, die in Uebertragungen innerhalb höher gelegener Centren ihre Ursache haben. Eine bestimmte Unterscheidung ist in dieser Beziehung nur bei der Reflexübertragung von der sensorischen auf die motorische Bahn möglich, weil die Rückenmarksreflexe nach der Abtrennung der höheren Centraltheile für sich allein beobachtet werden können. Die in diesem Fall wahrgenommenen Erscheinungen führen zu dem Schlusse, dass die Zweigleitung der Reflexe aus einer großen Zahl von Leitungswegen besteht, welche sämmtlich mit einander zusammenhängen. Denn mäßige Reizung einer beschränkten Hautstelle zieht bei einem gewissen mittleren Grad der Erregbarkeit eine Reflexzuckung nur in derjenigen Muskelgruppe nach sich, welche von motorischen Wurzeln versorgt wird, die in der gleichen Höhe und auf derselben Seite wie die gereizten sensibeln Fasern entspringen. Steigert sich der Reiz oder die Reizbarkeit, so geht zunächst die Erregung auch auf die in gleicher Höhe abgehenden motorischen Wurzelfasern der andern Körperhälfte über, endlich, bei noch weiterer Steigerung, verbreitet sie sich mit wachsender Intensität zuerst nach oben und dann nach unten, so dass schließlich die Muskulatur aller Körpertheile, die aus dem Rückenmark und verlängerten Mark ihre Nerven beziehen, in Mitleidenschaft gezogen wird [1]. Jede sensible Faser steht demnach durch eine Zweigleitung erster Ordnung mit den gleichseitig und in gleicher Höhe entspringenden motorischen Fasern, durch eine solche zweiter Ordnung mit den auf der entgegengesetzten Seite in gleicher Höhe austretenden, durch Zweigleitungen dritter Ordnung mit den höher oben abgehenden Fasern und endlich durch solche vierter Ordnung auch mit den weiter unten entspringenden in Verbindung.

Durch die Verflechtung der Fasern und namentlich durch die unbeschränkte Leitungsfähigkeit der grauen Substanz wird die Nachweisung der speciellen Leitungsbahnen, welche den einzelnen Provinzen der Haut und den verschiedenen Muskelgruppen zugeordnet sind, in hohem Grade erschwert, so dass unsere Kenntniss dieser Verhältnisse noch eine sehr mangelhafte ist. Die Empfindungsfasern scheinen die Regel einzuhalten, dass sie um so mehr nach vorn gelagert sind, je weiter die Hautprovinz, die von ihnen versorgt wird, von der Rückenmarksaxe entfernt ist: von den sensorischen Bahnen der Hinterbeine sind daher die des Oberschenkels am meisten nach hinten, die des Fußes am meisten nach vorn gelagert [2]. Ferner ist nachgewiesen, dass die sensorischen Fasern

1) Pflüger, Die sensorischen Functionen des Rückenmarks. Berlin 1853, S. 67 ff.
2) Türck, Sitzungsber. der Wiener Akademie. VI, 1851, S. 427.

für die Hinterseite der unteren Extremität in den Seitensträngen verlaufen, wobei sie sich zum größeren Theil kreuzen, zum kleineren Theil ungekreuzt bleiben. Die motorischen Bahnen sind bis jetzt nur insoweit, als sie in den Seitensträngen verlaufen, näher erforscht: sie bleiben zum größten Theil ungekreuzt, und zwar liegen diejenigen, welche dem Hinterbein vom Vorderkörper aus Reflexe zuleiten, in der vorderen Hälfte, diejenigen, welche die Erregung der coordinirten Bewegungen beim Gehen, Sitzen u. dgl. vermitteln, in einer das mittlere Dritttheil des Querschnitts einnehmenden Region [1]). Im oberen Theil der Seitenstränge sollen außerdem die motorischen Bahnen der Athmungsmuskeln enthalten sein; doch ist es zweifelhaft, ob diese Angabe für sämmtliche Respirationsnerven zutrifft [2]).

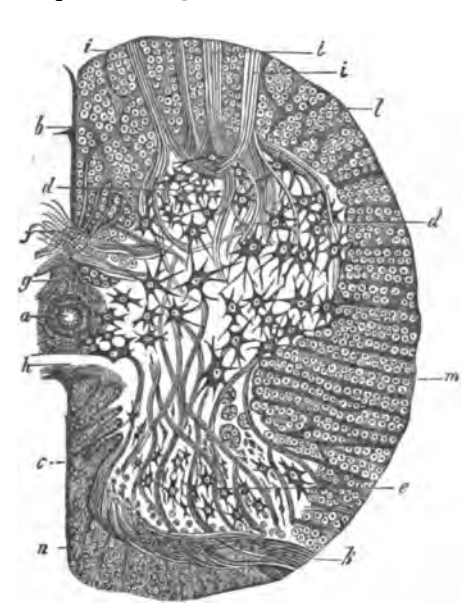


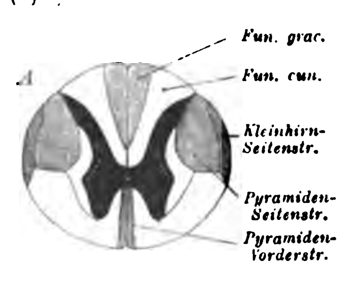
Fig. 46. Querdurchschnitt durch die untere Hälfte des menschlichen Rückenmarks, nach Deiters. (Die Ganglienzellen sind der Deutlichkeit wegen in vergrößerterem Maßstabe als die übrigen Theile dargestellt.) *a* Centralcanal. *b* vordere, *c* hintere Längsspalte. *d* Vorderhorn mit den größeren Ganglienzellen. *e* Hinterhorn mit den kleineren Ganglienzellen. *f* vordere Commissur. *h* hintere Commissur. *g* Gelatinöse Substanz um den Centralcanal. *i* vordere, *k* hintere Nervenwurzelbündel. *l* Vorderstrang. *m* Seitenstrang. *n* Hinterstrang.

Versucht man es, von den gewonnenen physiologischen Resultaten ausgehend, die Structur des Rückenmarks zu deuten, so wird wenigstens im allgemeinen durch die Anordnung der Formelemente das physiologische Ergebniss begreiflich, dass in diesem Organ neben einer Hauptbahn immer noch zahlreiche Nebenbahnen bestimmte peripherische und centrale Endpunkte miteinander verbinden. Die Fasern der vordern Wurzeln treten direct in die großen Nervenzellen der Vorderhörner als deren Axenfäden ein, wogegen die Fasern der hintern Wurzeln, nachdem sie durch die

1) Ludwig und Miescher, Berichte der Sächs. Ges. der Wissensch. 1870, S. 404. Ludwig und Woroschiloff, ebend. 1874, S. 248 ff. Mit diesen aus den Durchschneidungsversuchen gewonnenen Ergebnissen stehen die Folgerungen, welche Gotch und Horsley aus der Fortpflanzung der elektrischen Veränderungen, die bei Reizung von Nervenwurzeln oder eines Theils des Rückenmarks an anderen Theilen desselben eintreten, in allen wesentlichen Punkten in Uebereinstimmung. (Philos. Transact. Vol. 182, B. p. 267 ff.).

2) Schiff, Pflüger's Archiv, IV, S. 225.

Nervenzellen der Spinalganglien unterbrochen worden sind, nach dem Eintritt in das Rückenmark sich zunächst in auf- und absteigende Systeme trennen, welche überall feine Zweige in die Punktsubstanz der Hinterhörner abgeben [1]). Hiernach wird die Rolle der Hauptbahn den weißen Marksträngen (*l*, *m*, *n* Fig. 46) zukommen, zwischen denen und den abgehenden Nervenwurzeln nur eine kurze Lage von Ganglienzellen eingeschoben ist; Nebenleitungen aber werden in der mannigfaltigsten Weise durch das Zellen- und Fibrillensystem der grauen Centralmasse (*d*, *e*) vermittelt werden können. Aus den genannten drei Hauptsträngen des Marks sondern sich zum Theil schon im Rückenmark deutlich einzelne Bündel aus, deren compacte Beschaffenheit vermuthen lässt, dass sie eine gesonderte functionelle Bedeutung besitzen, und auf deren Trennung und Verlaufsrichtung auch entwicklungsgeschichtliche und pathologisch-anatomische Beobachtungen schließen lassen. Sie zeigen, dass jener Antheil der Seitenstränge, dem eine motorische Function zukommt, ungekreuzt in der hinteren Hälfte dieser Stränge in einem Bündel verläuft, welches auf dem Querschnitt gesehen von außen her in die graue Substanz des Hinterhornes vorspringt [2]). Dieser Antheil geht weiter oben in die Pyramiden des verlängerten Marks über, wo er in der Pyramidenkreuzung auf die andere Seite tritt, er heißt daher die Pyramiden-Seitenstrangbahn (Fig. 47). Ebenso verläuft der innerste Theil der motorischen Vorderstränge, welcher unmittelbar die vordere Längsspalte begrenzt, ungekreuzt bis zum verlängerten Mark. Hier geht er ebenfalls in die Pyramiden über, als Pyramiden-Vorderstrangbahn; er bildet den auch in der med. oblongata ungekreuzt bleibenden Theil dieser Bündel. Die nach außen von diesem gelegenen Vorderstrangbündel bleiben nur zum Theil ungekreuzt, zum Theil aber treten sie schon im Rückenmark in der vorderen Commissur auf die entgegengesetzte Seite. Derjenige Antheil des Seitenstrangs ferner, welcher den Pyramiden-Seitenstrang an der Oberfläche des Marks bedeckt, stellt eine ungekreuzt



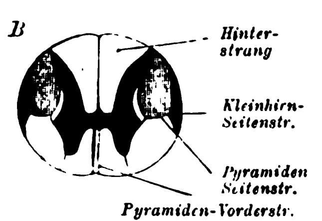


Fig. 47. Zwei Querschnitte des Rückenmarks. *A* aus der Halsanschwellung. *B* aus dem Brusttheil. Nach FLECHSIG.

1) RAMÓN Y CAJAL, Anatom. Anz. 1890 Nr. 3, 4, 21, 22. KÖLLIKER, Würzburg. Sitz.-Ber. 1890, S. 44, 126.

2) TÜRCK, Wiener Sitzungsber. VI, S. 304 f. CHARCOT a. a. O.

verlaufende, wahrscheinlich sensorische Bahn dar, welche durch die unteren Kleinhirnstiele nach dem kleinen Gehirn sich abzweigt, die Kleinhirn-Seitenstrangbahn (Fig. 47). Die Hinterstränge, welche, wie bemerkt, ausschließlich sensorische Bahnen führen und daher nach abwärts den Hauptantheil der in die hinteren Wurzeln eintretenden Fasern bilden, sondern sich erst im Halsmark in zwei Strangmassen, in die dicht der Medianspalte anliegenden zarten oder GOLL'schen Stränge (*Fun. graciles*) und die nach außen von ihnen gelegenen keilförmigen Stränge (*Fun. cuneati*, Fig. 47 *A*) [1]).

Zwischen diesen anatomischen Resultaten und der physiologischen Beobachtung besteht nur insofern ein scheinbarer Widerspruch, als nach den ersteren ein Theil der motorischen Bahnen der Vorderstränge eine Kreuzung erfährt, während die letztere lehrt, dass sich namentlich beim Menschen diejenigen Bahnen, in welchen die motorischen Impulse geleitet werden, innerhalb des Rückenmarks nicht kreuzen. Dieser Widerspruch lässt sich aber möglicher Weise durch die Annahme lösen, dass es motorische Bahnen im Rückenmark gibt, welche nicht der Leitung der Willensimpulse bestimmt sind, sondern die Leitung von Reflexbewegungen vermitteln, deren Centralpunkte sich in den höheren Centralorganen befinden. Die angegebenen Verhältnisse lassen also vermuthen, dass die centrifugale Leitung solcher Reflexe auf Wegen geschieht, die mit denen der Willenserregung nicht zusammenfallen, und insbesondere würde hiernach die äußere Hälfte der Vorderstränge als eine derartige Bahn aufzufassen sein, während die inneren Partien der nämlichen Stränge und der hintere motorische Theil der Seitenstränge, d. h. die beiden Antheile der Pyramidenbahn, wahrscheinlich zur Leitung der Willenserregungen bestimmt sind. Wie auf diese Weise die motorische Bahn in mehrere Zweige von gesondertem Verlauf und vielleicht von verschiedener functioneller Bedeutung sich trennt, so ist dies sichtlich auch mit der sensorischen der Fall: hier sondert sich von dem oben schon erwähnten Faserbündel, welches direct in die unteren Kleinhirnstiele übergeht, ein zweites, das, theils aus den CLARKE'schen Säulen (Fig. 25 *B* S. 55), theils aus der hinteren Commissur hervorkommend, zu den GOLL'schen Strängen sich sammelt, um im verlängerten Mark in den Kernen der zarten Stränge (Fig. 26 und *fg* Fig. 28 S. 59) zu endigen [2]); dazu kommt endlich noch ein dritter Faserzug, welcher überwiegend die Fortsetzungen der hinteren Wurzelfasern enthält und in die Kerne der keilförmigen Stränge (ebend. *f c*) sich einsenkt, um, wie wir unten sehen werden, von da aus durch das

---

1) FLECHSIG, Ueber Systemerkrankungen im Rückenmark, S. 30 ff.
2) BECHTEREW, Arch. f. Anat. 1887, S. 126.

zonale Fasersystem mit den Oliven in Verbindung zu treten [1]). Welche functionelle Bedeutung diese Sonderung hat, darüber herrscht freilich hier noch größere Unsicherheit, als bei den Zweigen der motorischen Bahn [2]). Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass überhaupt die Trennung verschiedener centrifugaler und centripetaler Bahnen im Rückenmark erst mit der Differenzirung der Centralorgane sich ausbildet. Hierauf weist von physiologischer Seite besonders die Thatsache hin, dass bei den niederen Wirbelthieren, z. B. beim Frosche, die Willensimpulse ganz ebenso wie die motorischen Reflexerregungen auf Bahnen geleitet werden, die eine theilweise Kreuzung erfahren. Ebenso lässt in anatomischer Beziehung die Richtung, nach der die Zellenausläufer namentlich in dem einfacher gebauten Rückenmark der Fische gestellt sind, die Annahme plausibel erscheinen, dass hier die nämlichen Ganglienzellen, welche motorische Fasern an die Nervenwurzeln abgeben, durch aufsteigende Fortsätze eine Verbindung mit den höher gelegenen motorischen Centren und durch rückwärts gerichtete eine solche mit den sensibeln Leitungsbahnen vermitteln, dass also die Leitungsbahnen der Reflexe und der sensibeln und motorischen Erregungen nicht von einander geschieden sind [3]). In dem Rückenmark der höheren Wirbelthiere wird die graue Substanz reicher an Zellen, und die Fortsätze der letzteren nehmen wechselndere Richtungen an, so dass schon hieraus auf eine zunehmende Verwickelung der Leitungsbahnen geschlossen werden muss. Durch alle Wirbelthierclassen scheint aber für das Rückenmark das Structurschema zu gelten, dass der Axenfaden einer Zelle direct in eine Nervenfaser übergeht, während die Protoplasmafortsätze in den Fibrillen der Punktsubstanz sich verlieren. Am deutlichsten ist dies an den großen Zellen der Vorderhörner; doch vermuthet man das nämliche Verhalten auch für die in die sensorische Leitung eingeschalteten Zellen der Hinterhörner. Außer diesen in die großen Leitungsbahnen eingehenden Nervenzellen gibt es dann wahrscheinlich noch andere, durchweg der kleineren Form angehörende Zellen, welche in die Leitungswege der grauen Substanz eingeschaltet sind [4]).

Die Sicherheit der auf Markdurchschneidungen gegründeten Schlüsse wird dadurch erheblich beeinträchtigt, dass bei denselben immer zugleich Reizungserscheinungen eintreten, durch welche das Bild der Leitungsstörung getrübt wird. Jede Verletzung des Rückenmarks bringt nämlich einen Zustand erhöhter

---

1) Flechsig, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, S. 309 ff.
2) Vgl. hierüber im folgenden Capitel namentlich die Besprechung der Functionen der Hirnganglien und des Kleinhirns.
3) Stieda, Zeitschr. f. wiss. Zoologie, XVIII, Taf. I, Fig. 6.
4) Kölliker, Zeitschr. f. wiss. Zool. LI, S. 1 ff.

Reizbarkeit hervor, der in der Regel auf diejenige Körperseite beschränkt bleibt, auf welcher die Verletzung stattfand, zuweilen aber auch auf die andere Seite übergreifen kann. Sind die sensibeln Bahnen von der Verletzung getroffen worden, so besteht die erhöhte Reizbarkeit in einer Hyperästhesie, welche in verstärkten Reflexen und Schmerzenszeichen auf Einwirkung von Reizen sich äußert. Wurden die motorischen Bahnen verletzt, so stellen leicht entweder anscheinend spontan oder auf Reizung sensibler Nerven länger dauernde Krämpfe sich ein. Eine solche Hyperkinesie pflegt nicht auf die Seite der Verletzung beschränkt zu bleiben, wie es in der Regel mit der Hyperästhesie der Fall ist[1]). Bei der letzteren tritt daher die verminderte Empfindlichkeit der entgegengesetzten Körperhälfte noch deutlicher hervor, während die Hyperkinesie auf einige Zeit die Lähmungssymptome überhaupt undeutlicher macht. Beide Veränderungen der Reizbarkeit müssen wohl, da sie erst einige Zeit nach der Durchschneidung sich einstellen, im weiteren Verlauf aber wieder allmählich verschwinden, auf einen durch die Verletzung verursachten Reizungszustand zurückgeführt werden. Dabei ist die erhöhte Sensibilität wahrscheinlich deshalb mehr auf die Seite der Verletzung beschränkt, weil die Reizung vorzugsweise auf die Wurzelfasern der nämlichen Seite sich ausbreitet. Die Hyperkinesie aber zeigt keine solche Beschränkung, da sie überhaupt nicht auf der Leitung zum Gehirn beruht, sondern im Rückenmark selbst zu Stande kommt, indem sich in den Markfasern oder in der grauen Substanz ein Reizungszustand entwickelt, der als erhöhte Reflexerregbarkeit oder sogar als unmittelbare Erregung der motorischen Fasern sich äußert[2]). Der Zustand der Hyperkinesie scheint sich jedoch allmählich von der verletzten Stelle weiter auszubreiten. Brown-Séquard fand nämlich, dass bei Thieren, welche Verletzungen des Rückenmarks überlebten, nach einigen Wochen anscheinend spontan oder auf mäßige sensible Reize allgemeine Convulsionen eintraten[3]). Da der Centralherd solcher Krämpfe, wie später gezeigt werden wird[4]), in das Gebiet des verlängerten Marks und der Brücke fällt, so muss demnach in solchen Fällen die Veränderung der Reizbarkeit bis zu diesen Theilen emporgestiegen sein. Es ist begreiflich, dass die so alle partiellen Durchschneidungen oder andere pathologische Continuitätstrennungen begleitenden Veränderungen der Reizbarkeit

---

1) Uebrigens hat Sanders (Geleidingsbanen in het ruggemerg. Groningen 1866, p. 66) zuweilen auch eine vorübergehende Hyperästhesie auf der entgegengesetzten, gewöhnlich unempfindlicheren Seite beobachtet.

2) Die Hyperästhesie ist, wie Schiff beobachtet und Sanders bestätigt hat, nach bloßer Durchschneidung der Hinterstränge stärker ausgebildet, als wenn gleichzeitig die graue Substanz verletzt ist. Wahrscheinlich hat dies darin seinen Grund, dass im letztern Fall gleichzeitig die Leitung bedeutend beeinträchtigt wird. Die Hyperkinesie ist bis jetzt so gut wie unerklärt geblieben (vgl. darüber Schiff, Physiol. I. S. 290). Man hat wohl bei der Beurtheilung dieses Zustandes allzusehr von der Analogie mit der Hyperästhesie sich bestimmen lassen. Es ist aber nicht zu übersehen, dass es sich bei der letzteren immer auch darum handelt, welche Wege für die Leitung der Empfindungseindrücke zum Gehirn offen stehen, während bei der Hyperkinesie die Reizung der motorischen Gebilde des Marks allein in Betracht kommt. Hieraus erklärt sich, wie oben angedeutet, leicht die unbestimmtere Ausbreitung dieses Zustandes.

3) Brown-Séquard, Arch. gén. de méd. 5me sér. t. VII, 1856, p. 14. Aehnliche epileptiforme Zufälle hat Brown-Séquard auch nach Verletzungen peripherischer Nerven (Gaz. méd. 1871 p. 6, 38) und Westphal nach starken Gehirnerschütterungen bei Thieren beobachtet (Berliner klin. Wochenschr. S. 449).

4) Siehe Cap. V.

die Beurtheilung der Leitungsstörungen erschweren; dies macht sich aber hauptsächlich bei der Leitung der Empfindungseindrücke geltend, da an den sensibeln Wurzelfasern der verletzten Seite der Zustand erhöhter Reizbarkeit vorzugsweise sich äußert. Das gewöhnliche Bild, welches halbseitige Durchschneidungen oder Verletzungen des Markes darbieten, ist daher: fast vollständige Lähmung der Muskeln und erhöhte Reizbarkeit der Haut auf der verletzten, geringere Bewegungsstörungen und verminderte Empfindlichkeit auf der entgegengesetzten Seite[1]). Hieraus kann nun zwar mit ziemlicher Sicherheit geschlossen werden, dass die motorischen Bahnen großentheils ungekreuzt nach oben gehen; ob aber die größere Zahl der sensibeln Bahnen einen geradlinigen oder gekreuzten Verlauf nimmt, bleibt ungewiss. Denn hat die erhöhte Reizbarkeit ihren Sitz in den der verletzten Stelle (Fig. 48) benachbarten Wurzelfasern, so wird, sobald nur ein Theil der Bahnen (z. B. *b*) auf die andere Seite übertritt, die Empfindlichkeit in der peripherischen Ausbreitung dieser Wurzelfasern bei *A* vermehrt sein. Auf der entgegengesetzten Körperhälfte *B* aber, auf welche in der Regel die von der verletzten Stelle ausgehende Veränderung nicht übergreift, ist bloß jene Verminderung der Sensibilität bemerkbar, welche durch die Trennung der gekreuzten Fasern *b'* bewirkt wird[2]).

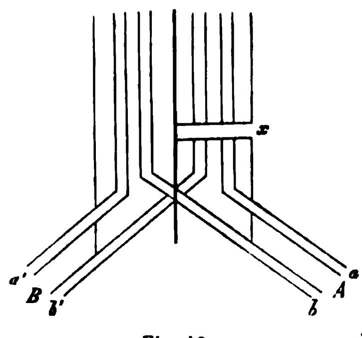


Fig. 48.

Mit der geringen Reizbarkeit der centralen Nervenmasse, auf welche oben hingewiesen wurde, hängen wahrscheinlich eigenthümliche Erscheinungen zusammen, welche auf Verschiedenheiten der Empfindungsleitung bezogen werden können. Sobald nämlich die letztere in Folge einer Trennung der weißen Hinterstränge nur noch durch graue Substanz vermittelt wird, so sind im allgemeinen stärkere oder öfter wiederholte Reize erforderlich, wenn die Erregung durch die erhalten gebliebene Lücke sich fortpflanzen soll. Sobald aber die Erregung entstanden ist, pflegt sie an Intensität, Ausbreitung und Dauer ungewöhnlich stark zu sein. Ein entgegengesetzter Zustand scheint sich einzustellen, wenn die graue Substanz vollständig getrennt ist, so dass auf einer gewissen Strecke die Leitung nur durch die weißen Markstränge vermittelt werden kann. In diesem Falle ist die Reizbarkeit der unter der Trennungsstelle gelegenen Hauttheile gegenüber schwachen und mäßig starken Eindrücken nicht verändert. Dagegen erreicht die Erregung schon bei einer mäßigen Intensität

1) Pathologische Beobachtungen mit ähnlichem Resultat vgl. bei Brown-Séquard, Journal de la physiologie VI, p. 124, 232, 581, Archives de physiol. I, p. 610, II, p. 236, und W. Müller, Beiträge zur pathologischen Anatomie und Physiologie des menschlichen Rückenmarks. Leipzig 1871, S. 3 ff.

2) Die Empfindlichkeit bei *A* (Fig. 48) resultirt aus der Reizbarkeit der Faserbündel *a* und *b*, die von *B* aus der Reizbarkeit von *a'* und *b'*. Würde nun die Durchschneidung bei *x* nur eine Leitungsstörung nach sich ziehen, so müsste, falls z. B. ebenso viele Fasern gekreuzt wie ungekreuzt verliefen, auf beiden Seiten die Empfindlichkeit gleichmäßig vermindert sein. Wird aber gleichzeitig in der Umgebung von *x* die Reizbarkeit der Wurzelfasern erhöht, so wird die Empfindlichkeit bei *A* größer als bei *B* sein, weil in dem Bündel *b* die Erregung stärker als in *a'* ist.

des Eindrucks ihr Maximum, so dass eine weitere Steigerung der Reize keine verstärkten Zeichen der Sensibilität, also keine Symptome von Schmerz hervorbringt. Eine ganz ähnliche Erscheinung beobachtet man ohne jede Verletzung des Rückenmarks nach der Einwirkung gewisser die centrale Substanz verändernder Stoffe, nämlich der Betäubungsmittel (Anaesthetica) wie Aether, Chloroform. Auch hier tritt ein Zustand nicht der Empfindungslosigkeit, aber der Schmerzlosigkeit (Analgesie), ein. Schiff, der diese Erscheinungen zuerst beobachtete, hat aus ihnen geschlossen, dass für Tastreize und Schmerzreize getrennte Leitungsbahnen existirten: die ersteren sollten in den weißen Marksträngen, die letzteren in der grauen Substanz geleitet werden[1]). Dieser Schluss ist jedoch kein zwingender. Vielmehr lassen sich die betreffenden Erscheinungen auch aus den oben erwähnten Reizbarkeitsverhältnissen der weißen und der grauen Substanz ableiten. Insofern nämlich die weißen Sträng eine veränderte Reizbarkeit gewinnen, nachdem sie die graue Substanz durchsetzt haben, wird es begreiflich, dass auch die Leitung der Erregung um so mehr von der des peripherischen Nerven abweicht, je mächtiger die Massen grauer Substanz sind, welche sie passiren muss. In dieser Beziehung werden namentlich erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bahnen existiren, je nachdem diese unmittelbar nach ihrem Eintritt in die Vorder- oder Hinterhörner aus letzteren wieder hervorkommen und in den Marksträngen nach oben verlaufen, oder in dem Zellennetz der grauen Hörner verschlungene Wege einschlagen, um gelegentlich höher oben oder weiter unten in die Markstränge einzutreten. Wenn alle Leitungsbahnen erhalten sind, wird bei Reizen von mäßiger Stärke die Erregung im allgemeinen nur auf der einfachen Hauptbahn sich fortpflanzen, und erst bei stärkeren Reizen wird sie zugleich auch die Seitenbahnen, welche größere Widerstände darbieten, ergreifen. Hierfür spricht schon die Thatsache, dass eine besondere Zweigbahn durch die graue Substanz, von der oben die Rede war, jene nämlich, welche von der sensorischen zu der motorischen Leitung überführt, und welche die Entstehung von Reflexbewegungen vermittelt, ebenfalls erst bei stärkeren Reizen in Miterregung geräth. Ist dagegen die Hauptbahn unterbrochen, dadurch dass die weißen Markstränge durchschnitten oder sonst unwegsam geworden sind, so muss natürlich die Reizung eine stärkere sein, wenn sie überhaupt durch die verletzte Stelle sich fortpflanzen soll. Anders verhält es sich, wenn die Leitung durch die graue Centralmasse getrennt und nur die Leitung durch die weißen Stränge erhalten ist. Um die in diesem Falle hervortretenden Erfolge zu verstehen, müssen wir die weitere Eigenschaft der grauen Substanz beachten, dass sie Erregungen in sich anzusammeln vermag, so dass sie erst auf oft wiederholte Reize, nun aber auch sogleich mit einer starken und anhaltenden Erregung antwortet. Bei wachsenden Reizen wird darum in der Hauptbahn verhältnissmäßig früher der Grenzpunkt erreicht sein, wo die Erregung nicht mehr wachsen kann, während, wenn die Reizung größere Strecken grauer Masse zu passiren hat, diese Maximalgrenze erst bei einer höheren Reizintensität erreicht wird, bei der dann aber auch der Effect der Erregung, die Empfindung oder Muskelzuckung, eine bedeutendere Intensität besitzt. Wir können uns demnach das Gesetz, nach welchem mit wachsendem Reize die Erregung zunimmt, für beide Formen der Nervensubstanz durch die Fig. 49 versinnlichen, in welcher

1) Schiff, Physiologie I, S. 251 ff. Pflüger's Archiv XXVIII S. 537, XXIX S. 537 u. XXX S. 199 ff.

die Erregungen als Ordinaten auf eine Abscissenlinie xx' bezogen sind, deren Längen den Reizgrößen entsprechen. Die Curve *abc* versinnlicht das Gesetz der Erregung für die weiße, die Curve *efg* für die graue Substanz. Die letztere Curve verlässt erst bei einem höheren Reizwerthe die Abscissenlinie, steigt dafür aber zu einem höheren Maximum an. Hierin finden denn auch die auffallenden Erscheinungen der Analgesie ihre Erklärung. Sind alle Leitungsbahnen erhalten, so wird die Erregung, wie sie bei schwachen Reizen nur die Hauptbahn einschlägt, so umgekehrt bei den stärksten vorzugsweise auf den Seitenbahnen durch die graue Substanz geleitet, indem nur in dieser ein der Intensität des Reizes entsprechender Kräftevorrath disponibel ist. Wird aber die graue Centralmasse getrennt, so bleibt nur die schon bei einer weit geringeren Reizstärke erreichte Maximalerregung, welche auf der Hauptbahn geleitet werden kann, übrig [1]).

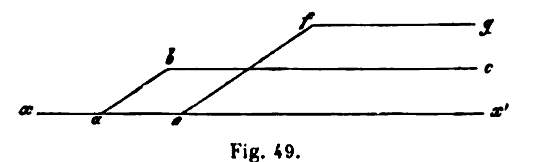


Fig. 49.

4. Leitung im verlängerten Mark.

Mit dem Uebergang des Rückenmarks in das verlängerte Mark nehmen die Schwierigkeiten zu, welche die Verfolgung der Leitungswege findet. Dies hat nicht bloß in der verwickelteren Structur, sondern auch darin seinen Grund, dass die Erfolge, die nach Trennungen des Zusammenhangs eintreten, sich nicht mehr als einfache Unterbrechungen der Leitung, sondern als verwickeltere Störungen äußern. So wird, wenn die Fortsetzungen der motorischen Stränge getrennt werden, bald nur eine Aufhebung des Willenseinflusses sichtbar, während von unwillkürlich erregten Centren aus noch eine Innervation der Muskeln erfolgen kann, bald aber treten Störungen in der Combination der Bewegungen ein, wobei das richtige Maß der letzteren aufgehoben scheint. Störungen der sensibeln Leitung sind schon beim Rückenmark schwieriger zu erkennen, und diese Schwierigkeit vergrößert sich, je näher man dem Gehirn kommt, indem nun bei vollkommener Aufhebung der bewussten Empfindung immer complicirtere Reflexe ausgelöst werden, welche für den objectiven Beobachter von bewussten Reactionen schwer zu unterscheiden sind. Alle diese Veränderungen haben offenbar darin ihre Ursache, dass die leitenden Fasern nun immer häufiger von Ansammlungen grauer Substanz, welche zugleich verschiedene Leitungsbahnen mit einander verbinden, unterbrochen werden. Bei jeder Trennung des Zusammenhangs ist daher der Einfluss, den die

1) Mit der oben gegebenen, schon in der 1. Aufl. dieses Werkes (1874) enthaltenen Erklärung der Analgesie stimmen die Ausführungen FUNKE's (HERMANN's Handbuch der Physiol. III, 2, 1880. S. 297 f.) im wesentlichen überein.

unter ihr unversehrt gebliebenen Centren noch ausüben, in Rechnung zu ziehen.

Verhältnissmäßig am einfachsten gestaltet sich die Beantwortung der Frage, auf welcher Seite im verlängerten Mark und in den Hirnstielen die Leitungsbahnen verlaufen, ob und wo also dieselben noch weitere Kreuzungen, außer den schon im Rückenmark stattgefundenen, erfahren. Pathologische Beobachtungen lehren, dass beim Menschen umfangreiche Gewebszerstörungen innerhalb einer Hemisphäre regelmäßig vollständige motorische und sensible Lähmung auf der entgegengesetzten Körperhälfte bewirken, während auf der nämlichen Seite Bewegung und Empfindung erhalten bleiben. Bei den Vierfüßern ist die Lähmung auf der entgegengesetzten Seite in diesem Fall keine vollständige, während auf der nämlichen Spuren einer solchen zu finden sind. Man hat hieraus geschlossen, dass beim Menschen eine totale, bei den anderen Säugethieren nur eine partielle Kreuzung stattfinde [1]). Aber diese Deutung ist sehr zweifelhaft. Erstens besitzen bei den niederen Säugern die in den Vier- und Sehhügeln gelegenen Centren, deren Fasern auch beim Menschen nur eine partielle Kreuzung erfahren, offenbar eine größere Selbständigkeit [2]). Zweitens hat die Reizung der Fasermassen des Stabkranzes sowie gewisser Centralpunkte in der Großhirnrinde bei allen Säugethieren eine gekreuzte Wirkung [3]). Es scheint demnach die Annahme gerechtfertigt, dass jene Unterschiede nur in dem functionellen Uebergewicht bald der gekreuzten über die ungekreuzten Fasermassen, bald der letzteren über die ersteren ihren Grund haben.

In Bezug auf die Orte, an denen der Faserübertritt geschieht, hat der physiologische Versuch folgendes ergeben. Die Kreuzung beginnt nach SCHIFF etwa an der Stelle, wo der Centralcanal sich zur Rautengrube eröffnet. Hier treten diejenigen Fasern auf die andere Seite, welche die Bewegung der Wirbelsäule und des Kopfes bewirken; weiter oben, nahe der Brücke, kreuzen sich dann die Bahnen für die Hinterextremitäten; an der Grenze der Brücke sollen die für die Bewegung der Wirbelsäule und des Kopfes bestimmten Fasern wieder eine Rückwärtskreuzung auf die ursprüngliche Seite erfahren, während in gleicher Höhe die Kreuzung für die Muskeln der Vorderextremitäten beginne [4]). Wahrscheinlich vollendet sich die letztere während des Verlaufs durch die Brücke, denn in den Hirnschenkeln von der Grenze des Pons bis ungefähr zur Höhe des grauen Höckers sind nach AFANASIEFF die motorischen Bahnen für beide

---

1) SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie I, S. 363.
2) Vgl. Cap. V.
3) GLIKY, ECKHARD's Beiträge zur Physiologie VIII, S. 183. S. unten Nr. 9.
4) SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie I. S. 320.

Extremitäten gekreuzt; die Fasern für die Rücken- und Halsmuskeln erfahren endlich in der Höhe des grauen Höckers ihre zweite und definitive Kreuzung, so dass von da an eine halbseitige Durchschneidung des Hirnschenkels Lähmung (Hemiplegie) der ganzen Muskulatur auf der entgegengesetzten Körperhälfte verursacht [1]). Die sensorischen Bahnen sollen nach Schiff sämmtlich während des Verlaufs durch die Brücke ihre Kreuzung erfahren, da halbseitige Trennung des verlängerten Marks im wesentlichen dieselben Erscheinungen nach sich ziehe, wie halbseitige Durchschneidungen am Rückenmark, während in den Hirnschenkeln die vollständige Kreuzung bereits vollzogen sei [2]).

Die Deutung aller dieser Ergebnisse ist übrigens zweifelhaft. Ein Schluss liesse sich auf dieselben nur gründen, wenn entweder die Voraussetzung, von der man meistens ausging, dass es nur eine motorische und sensorische Bahn nach dem Gehirn gebe, richtig wäre, oder wenn man die Sicherheit gewinnen könnte, dass sich die Versuche nur auf eine der Leitungen, die für jede peripherische Körperprovinz existiren, beziehen. Auch letzteres ist aber durchaus nicht der Fall. Im Gegentheil ist es wahrscheinlich, dass bald diese, bald jene Faserstränge vorzugsweise durch den operativen Eingriff getroffen wurden.

Noch größer sind die Schwierigkeiten, welche sich einer physiologischen Ermittelung des näheren Verlaufs der einzelnen Bahnen entgegenstellen. Partielle Durchschneidungen scheinen zu lehren, dass die sensorischen Fasern im verlängerten Mark eine seitliche Lage annehmen [3]). Diese Lageänderung ist schon eine beträchtliche Strecke vor Eröffnung der Rautengrube bemerkbar; sie kann also nicht bloß in dem Auseinanderweichen der Markstränge an der Stelle der Rautengrube ihren Grund haben, sondern sie weist darauf hin, dass die hinteren Stränge des verlängerten Marks nicht unmittelbare Fortsetzungen der Hinterstränge des Rückenmarks sind. In der That wird dies durch die anatomische Untersuchung bestätigt, indem dieselbe zeigt, dass die strickförmigen Körper aus grauen Massen der medulla oblongata erst ihren Ursprung nehmen, während die Hinterstränge theils aufhören, indem sie in andern grauen Massen ihr Ende finden, theils aber aus ihrer früheren Stelle zur Seite

1) Afanasieff, Wiener med. Wochenschrift, 1870, No. 9 u. 10, S. 137 u. 153.

2) Schiff a. a. O. S. 304, 321. Afanasieff a. a. O. S. 153. Die angeführten Resultate gelten übrigens nur für Säugethiere. Bei Vögeln lässt sich zwar nachweisen, dass ebenfalls die Mehrzahl der Bahnen eine Kreuzung erfährt, wo aber letztere stattfindet, ist nicht ermittelt. Bei niederen Wirbelthieren scheint sogar der rechtläufige Weg vorzuwalten. Nach Wegnahme der einen Hemisphäre beim Frosch sah ich regelmäßig auf der verletzten Seite die Kraft der Bewegung vermindert, dagegen die Reflexerregbarkeit vermehrt, letzteres wegen der in Cap. VI zu besprechenden Hemmung der Reflexe durch den Einfluss der höheren Nervencentren.

3) Schiff a. a. O. S. 301.

und in die Tiefe verdrängt werden. Ein Theil dieser aus den Kernen der Hinterstränge hervorgehenden Fasern bildet den ansehnlichsten Antheil der zwischen den beiden Oliven gelegenen Längsfaserzüge und soll, dem Lauf der unten zu erwähnenden Pyramidenfasern sich anschließend, bis zu den Centralwindungen, namentlich der hinteren und dem Lobulus paracentralis, zu verfolgen sein[1]). Ein ähnliches Resultat ergibt die Aufsuchung der motorischen Leitungsbahnen. Diese scheinen nur zum Theil in den Pyramiden, welche die Stelle der früheren Vorderstränge einnehmen, enthalten zu sein, da die Durchschneidung der zur Seite der Pyramiden die Olivenkerne einhüllenden Stränge, der Hülsenstränge, ebenfalls partielle Lähmungen nach sich zieht[2]). Auch hier zeigt die Anatomie den Grund dieses Verhaltens darin, dass die Fortsetzungen des größten Theils der Vorderstränge durch die Pyramiden und durch die Oliven theils zur Seite theils in die Tiefe gedrängt werden. Das Verhalten der Leitungswege im verlängerten Mark ist demnach wesentlich an das Auftreten dieser beiden Gebilde geknüpft.

Die Pyramiden (*p* Fig. 27 S. 58 und Fig. 50 S. 117) bilden ein Fasersystem, welches eine Kreuzung in der Mittellinie des verlängerten Marks erfährt und, wie schon die makroskopische Zergliederung nachweist, nach unten aus einem Theil der Seiten- und Vorderstränge hervorgeht, nach oben in den Fuß des Hirnschenkels sich fortsetzt. Der nähere Verlauf dieses Fasersystems ist durch die bei Zerstörungen seiner Gehirnendigungen in ihm eintretende absteigende Degeneration ziemlich vollständig ermittelt: es stellt die Fortsetzung jener Abzweigung der motorischen Bahn dar, welche im hintern Theil der Seitenstränge und an der innern Grenze der Vorderstränge im Rückenmark ungekreuzt verläuft (Fig. 47 S. 106), um nun an dieser Stelle eine Kreuzung zu erfahren, welche aber nur das Seitenstrang-, nicht das Vorderstrangbündel trifft, so dass nach geschehener Kreuzung jede Pyramide ein größeres Faserbündel enthält, welches der entgegengesetzten, und ein kleineres, welches der gleichen Körperseite entspricht. Die centrale Fortsetzung dieser Bahn erfolgt, wie es scheint, bis zur Großhirnrinde ohne jede Unterbrechung durch graue Substanz. Nachdem sie die Brücke durchsetzt hat (Fig. 27 S. 58), treten ihre Fasern in dem Fuß des Hirnschenkels in den Raum zwischen Linsenkern und Sehhügel, weiter oben zwischen Linsenkern und Schweif des Streifenhügels ein, um von diesen Stellen aus in den Stabkranz überzugehen, in welchem sie vornehmlich diejenigen Fasermassen bilden, welche

1) FLECHSIG, Neurolog. Centralbl. IX, Nr. 14.
2) SCHIFF ebend. S. 310.

in der Region der Centralwindungen und ihrer Umgebung endigen [1] (*VC*, *HC* Fig. 45 S. 86). Ein Theil der auf diese Weise verhältnissmäßig wohl umschriebenen Bahn dient, wie die nach Läsionen der Pyramiden und ihrer Fortsetzung im Hirnschenkel eintretenden Lähmungen beweisen, jedenfalls der Willensleitung. Anscheinend im Widerspruch mit dem ungekreuzten Verlauf des Vorderstrangantheils der Pyramiden ist allerdings die Thatsache, dass halbseitige Gehirnerkrankungen beim Menschen stets eine vollständig gekreuzte Lähmung zur Folge haben, selbst wenn der Erkrankungsherd in der Brücke unmittelbar über der Kreuzungsstelle gelegen ist [2]). Hieraus kann aber offenbar nur gefolgert werden, dass eben die Vorderstrangbahn der Pyramiden wahrscheinlich nicht die Leitung der Willensimpulse, sondern anderer motorischer Erregungen vermittelt [3].

Die Oliven (Fig. 26 *B* und Fig. 27 S. 57 f.), welche zu beiden Seiten der Pyramiden als Erhabenheiten hervortreten, sowie das großentheils mit den Oliven zusammenhängende, die ganze Oberfläche des verlängerten Marks umgürtende zonale Fasersystem (*g* Fig. 28) scheinen mit dem Auftreten des kleinen Gehirns in Beziehung zu stehen. Von unten sollen die Oliven Fasern aufnehmen, die aus den Hintersträngen des Rückenmarks, zunächst aus den Kernen der keilförmigen Stränge hervorgehen. Anderseits wird aber dieser Zusammenhang, wie überhaupt jede Verbindung der Oliven mit Rückenmarksfasern, auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Daten bestritten [4]). Aus dem gefalteten grauen Kern der Olive entspringen dann zwei Fasersysteme, von denen das eine, in Gestalt

---

1) Charcot, Leçons sur les localisations etc. p. 145 ff. Flechsig, Ueber Systemerkrankungen S. 42 ff. Einige Autoren unterscheiden außer der motorischen eine obere feinbündelige oder sensorische Pyramidenkreuzung (Meynert, Stricker's Gewebelehre, S. 804). Da aber dieser Theil der Hinterstrangbahn, der sich, wie Flechsig gezeigt hat, unabhängig von den Pyramiden entwickelt, sowohl nach unten wie nach oben ganz andere Wege einschlägt, auf denen er durch graue Substanz unterbrochen wird, so muss er völlig von den eigentlichen Pyramiden getrennt werden. Der von Meynert angenommene continuirliche Zusammenhang des Hinterhauptlappens mit den Hintersträngen wird dadurch unhaltbar (Flechsig a. a. O. S. 105).

2) Brown-Séquard, Lectures p. 199. Nothnagel, Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten. Berlin 1879, S. 131.

3) Eine Kreuzung der Pyramidenvorderstrangbahn im Rückenmark nahm auf Grund seiner Untersuchung der absteigenden Degeneration Türck an. Nach Flechsig gehoren aber diese Kreuzungsfasern ausschließlich zu dem Theil der Vorderstränge, welcher nicht in die Pyramidenbahn übergeht. Was die functionelle Bedeutung des ungekreuzten Antheils der letzteren betrifft, so könnte man annehmen, dieselbe diene der Leitung solcher motorischer Erregungen, welche in Coordination mit den unmittelbar gewollten Bewegungen auf der entgegengesetzten Körperseite einzutreten pflegen. Hierdurch würde vielleicht auch die merkwürdige Beobachtung von Flechsig a. a. O. S. 48 f.) verständlich, dass der relative Antheil der Vorderstränge an den Pyramidenbahnen großen individuellen Schwankungen unterworfen ist, da sich derartige Mitbewegungen ebenfalls individuell sehr verschieden verhalten.

4) Flechsig, Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 5.

zonaler Fasern den Olivenkern außen bedeckend, in die strickförmigen Körper und deren Fortsetzungen, die Kleinhirnstiele, umbiegt (*cr* Fig. 50), während das zweite, aus dem Innern des Olivenkerns hervortretend, die Mittellinie überschreitet, um sich mit den entsprechenden Fasermassen der anderen Seite zu kreuzen. Weitere Fasern aus den Oliven treten in die zwischen ihnen gelegene Längsfaserschichte und dann innerhalb des Pons in die Schleife des Hirnschenkels (*l* Fig. 50), um sich hier wahrscheinlich mit Fasern zu mischen, die aus den Vordersträngen und dem motorischen Theil der Seitenstränge des Rückenmarks stammen. Ein Theil der Fasern dieser Schleifenschichte tritt in einen höher oben

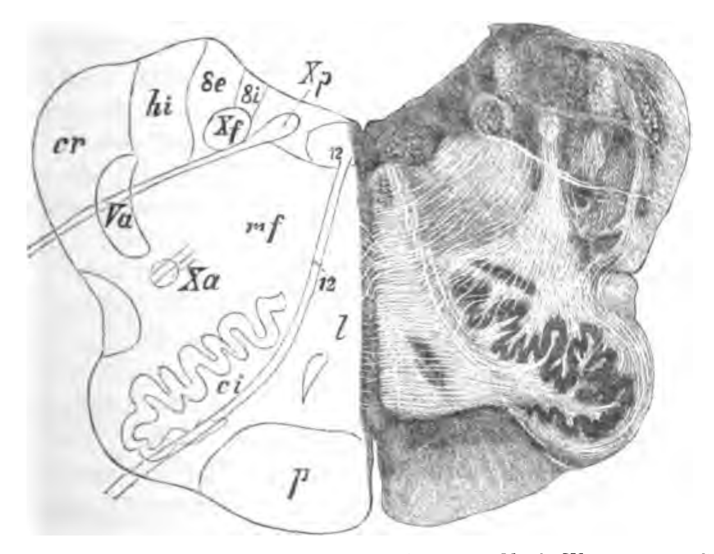


Fig. 50. Querschnitt durch das verl. Mark, 4mal vergr. Nach Wernicke. *p* Pyramide. *ci* Olive. *l* Schleifenschicht mit Fasern aus den Oliven und Vorderstrangbündeln. *mf* motorisches Feld (Vorderstrangbündel, später der Haube sich anschließend). *ri* Hinterstrangreste (ebenfalls in die Haube übergehend). *cr* Strickkörper und Kleinhirnstiel. *12* Kern und Wurzel des Hypoglossus. *Va* aufsteigende Quintuswurzel. *8e* äußerer, *8i* innerer Acusticuskern. *Xf* gemischte Glossopharyngeuswurzel. *Xp* hinterer, *Xa* vorderer Vaguskern.

gelegenen kleineren Ganglienkern, die so genannte obere Olive [1]) ein um von hier aus ebenfalls in die Kleinhirnstiele sich abzuzweigen [2]); ein anderer Theil geht innerhalb der Brücke weiter nach oben, um schließ-

---

1 Sie ist beim Menschen vom unteren Ende der Brücke bedeckt; bei den Säugethieren, welche eine kürzere Brücke besitzen, bildet sie eine Anschwellung unter derselben, das corpus trapezoides.

2 Roller, Archiv f. mikr. Anat. XIX, S. 240 ff. Bechterew, Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 5.

lich in den Vierhügeln zu endigen [1]). Hiernach scheint die wesentliche Bedeutung der Oliven darin zu bestehen, dass sie einerseits eine gekreuzte Verbindung des Kleinhirns mit Fasermassen, die nach dem großen Gehirn weitergehen, anderseits vielleicht (durch die Keilstränge) eine ebenfalls gekreuzte Verbindung zwischen den sensorischen Hintersträngen des Rückenmarks und dem Cerebellum vermitteln. Außerdem treten vermittelst der Schleifenschichte und der oberen Oliven motorische Bündel durch den Strickkörper in das Kleinhirn ein, und dazu kommt endlich als ein wesentlicher Grundbestandtheil des Kleinhirnstiels die mit Umgehung der Oliven direct in den Strickkörper tretende und ungekreuzte Kleinhirn-Seitenstrangbahn (Fig. 47 S. 106)[2]).

In Folge der Sammlung eines großen Theils der motorischen Bahnen in den Pyramiden, der sensorischen in den Oliven und in der grauen Substanz der Hinterhörner werden die Leitungswege, welche direct aus dem Rückenmark zu dem großen Gehirn aufsteigen, aus der Lage, die sie im Rückenmark einnehmen, verdrängt. Die motorischen Vorderstränge werden durch die Pyramiden zur Seite und nach hinten geschoben, ein Theil von ihnen bedeckt die Olivenkerne in der Form des so genannten Hülsenstrangs, ein anderer kommt hinter die Pyramiden zu liegen, wo er zu beiden Seiten der Mittellinie eine Schichte verticaler Fasern bildet, die sich bis gegen den grauen Boden des Centralcanals und der Rautengrube erstreckt (*m f* Fig. 50). Im Innern der runden Erhabenheiten sammelt sich ein Theil dieser Vorderstrangfasern zu einem compacten Bündel, dem hinteren Längsbündel, welches noch durch die ganze Brücke hindurch gesondert bleibt und Rückenmarksantheile zu den motorischen Wurzeln mehrerer Hirnnerven sowie zum Kleinhirn abzugeben scheint (*h l* Fig. 53 S. 125)[3]). Von den Seitensträngen wurde bereits angegeben, dass sie zu einem großen Theil in die Pyramiden übergehen. So weit dies nicht der Fall, nehmen sie nach außen von der zur Seite der Raphe befindlichen Schleifenschicht ihre Lage, wo sie durch die mit dem zonalen System zusammenhängenden Querfasern und durch eingestreute Ganglienzellen zerklüftet werden; ihre vordersten Antheile sollen in die äußersten Begrenzungsbündel der Oliven, den äußeren Theil des

1) Flechsig, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, S. 35, 337. Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig 1883. S. 29. Eine secundäre Degeneration der einen Olive und der gleichseitigen Hinterstrangbahn bei einem Krankheitsherd im Schleifenantheil des Pons ist von Kahler und Pick beobachtet. (Beiträge zur Pathologie und pathologischen Anatomie des Centralnervensystems. Leipzig 1879, S. 179.)

2) Flechsig, Ueber Systemerkrankungen, S. 30 und Taf. VI, Fig. 1, 2. Plan des menschl. Gehirns, S. 22.

3) Ueber die Bedeutung dieses vielleicht auch Seiten- und Hinterstrangreste führenden Bündels vgl. Forel, Archiv f. Psychiatrie VII, S. 417, 486. Roller, Archiv f. mikr. An. XIX, S. 299 f. Köppen, Tgbl. der Naturf.-Vers. in Heidelb. S. 154.

Hülsenstrangs, übergehen[1]). Von den Hintersträngen, so weit dieselben nicht die Bahn nach dem kleinen Gehirn einschlagen, wendet sich ein Theil nach vorn, um oberhalb der Pyramiden eine Kreuzung in der Medianlinie zu erfahren, er ist theils die Fortsetzung der zarten oder GOLL-schen Stränge, theils eine solche der keilförmigen Stränge[2]); der Rest läuft nach außen von den Seitenstrangresten, unmittelbar bedeckt von den Kleinhirnstielen (bei *h i*), nach oben, er ist an der in ihn eingeschlossenen gelatinösen Substanz kenntlich, welche aus den Hinterhörnern des Rückenmarks hierher sich fortsetzt[3]). Abgesehen von diesen Theilen enthält das verlängerte Mark noch die Faserzüge, die von den Wurzeln der hier entspringenden Nerven herrühren, sowie die grauen Ursprungskerne dieser Nerven (*Va*, *Xp* u. s. w. Fig. 50). Wie im Rückenmark, so gehen auch hier die motorischen Wurzeln unmittelbar aus Axenfasern, die sensibeln aus dem Fibrillennetz der grauen Substanz hervor[4]). Aus physiologischen Erfahrungen müssen wir endlich schliessen, dass im verlängerten Mark besondere centrale Leitungen existiren, welche bei den zusammengesetzten reflectorischen und automatischen Erregungen, die hier ihren Sitz haben, wie bei den Herz- und Athembewegungen, in Anspruch genommen werden[5]).

5. Leitungsbahnen des Kleinhirns.

Das Kleinhirn der Säugethiere enthält, wie früher bemerkt, graue Substanz in der Form von Ganglienkernen und als Rindenbeleg der ganzen Oberfläche (S. 61 f.). Ueber die Beziehung der in das Kleinhirn ein- und aus ihm austretenden Fasern zu diesen grauen Massen ist folgendes ermittelt. (Vergl. Fig. 28 S. 59). Die Fasern der strickförmigen Körper verlieren sich, indem sie um den gezahnten Kern, namentlich an seinem vorderen Rand, umbiegen und, ohne, wie es scheint, mit der grauen Substanz desselben in Verbindung zu treten, von seiner oberen Fläche gegen die Rinde ausstrahlen, um in derselben zu endigen. Aus der Rinde gehen sodann transversale Fasern hervor, welche die mehr longitudinalen Ausstrahlungen des Strickkörpers kreuzen, um sich zu den mächtigen Brückenarmen zu sammeln. Aus dem Innern der gezahnten Kerne

---

1) STILLING, Ueber den Hirnknoten, S. 25, dazu Taf. I *d*, *e*. Vgl. auch HENLE, Nervenlehre, S. 186 und Fig. 117.

2) Die sogen. obere (feinbündelige) Pyramidenkreuzung nach MEYNERT. S. oben S. 115 f. Anm. 3.)

3) STILLING, Ueber den Bau des Hirnknotens. Taf. I *g*, *t*.

4) KÖLLIKER, Anatom. Anzeiger, VI, Nr. 14, 15. HIS, Abh. der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. XVII, S. 35 ff. HELD, Archiv f. Anatomie. 1892, S. 33.

5) Vgl. hierüber Cap. V.

kommen endlich diejenigen Bündel, welche in die Fortsätze des Kleinhirns zum großen übergehen; außerdem besteht jedenfalls eine Verbindung zwischen dem gezahnten Kern und der Kleinhirnrinde, welche mit den Ausstrahlungen der Strickkörper und der Brückenarme die äußeren Theile des Marks einnimmt, während die innersten von den Fortsätzen zum großen Gehirn gebildet werden. Demnach endigen die durch die unteren Kleinhirnstiele aus dem verlängerten Mark zugeleiteten Fasern wahrscheinlich sämmtlich in der Rinde; von der letzteren gehen aber zwei Systeme von Fasern aus: das erste geht direct in die Brückenarme über, das zweite scheint zunächst die Rinde mit dem gezahnten Kern zu verbinden, worauf aus dem letzteren die vertical aufsteigenden Fasern der oberen Kleinhirnstiele oder Bindearme entstehen. Diese treten mit den Fortsetzungen der Rückenmarksstränge nach oben, wobei sie convergiren, so dass sie nach vorn vom oberen Ende der Brücke die Mittellinie erreichen und eine Kreuzung eingehen. Neben dem dergestalt in zwei Abtheilungen zerfallenden System der zu- und abführenden Fasern finden sich dann noch weitere Faserstrahlungen, welche theils entferntere, theils nähere Rindengebiete mit einander verbinden: die ersteren treten zum Theil in dem Wurm von der einen auf die andere Seite.

Ueber den weiteren Verlauf der aus dem kleinen in das große Gehirn überführenden Bahnen ist folgendes bekannt. Die in den Brückenarmen weitergeführte Bahn scheint zunächst im vorderen Theil der Brücke in grauen Massen zu endigen, aus welchen neue vertical aufsteigende Fasern hervorkommen, die theils in die vorderen Hirnganglien, die Linsenkerne und Streifenhügel, theils direct zu den vorderen Theilen der Großhirnrinde verfolgt werden können. Die in den oberen Kleinhirnstielen oder Bindearmen gesammelten Fasern finden in dem rothen Kern der Haube (*hb* Fig. 36 S. 70) ihr nächstes Ende. Von hier aus tritt wahrscheinlich ein kleiner Theil der Fasern in den Sehhügel ein, während der größere in die innere Kapsel des Linsenkerns übergeht und von da im Stabkranz zur Großhirnrinde gelangt, um in den hinter der Centralwindung gelegenen Theilen derselben, namentlich im so genannten Vorzwickel, zu enden[1]). Das den Bindearmen im Anfang ihres Verlaufs sich anschließende obere Marksegel (*vm* Fig. 28 S. 59)

---

1) Forel, Archiv f. Psychiatrie. VII, S. 425. Exstirpation einer Kleinhirnhälfte beim neugeborenen Kaninchen hat, wie von Gudden beobachtete, Schwund des corp. restiforme und der Kleinhirnseitenstrangbahn der gleichen und totale Atrophie der Olive auf der entgegengesetzten Seite zur Folge. Ebenso atrophirt der Bindearm, wogegen weder in den Brückenarmen noch im Großhirn Veränderungen eintreten. (Vortrag auf der Naturforscherversammi. zu Salzburg. Neurol. Centralbl. 1882.)

ergänzt wahrscheinlich die Verbindungen des Kleinhirns mit den Hirnganglien, indem es eine Leitung zu den Vierhügeln herstellt[1]).

Nach diesen Resultaten der anatomischen Untersuchung findet sich in dem Kleinhirn ein sehr verwickelter Zusammenfluss von Leitungsbahnen. Fassen wir die letzteren als eine Zweigleitung auf, die in die directe, unmittelbar durch Medulla oblongata und Pons vermittelte Leitung zwischen Rückenmark und Gehirn eingeschaltet ist, so führt der untere Zweig dieser Seitenbahn theils sensorische Fasern aus dem Hinter- und Seitenstrang (Oliven-Hinterstrangbahn und Kleinhirn-Seitenstrangbahn), die das Rückenmark mit dem Cerebellum verbinden[2]), theils motorische Bündel, die innerhalb der Brücke in die strickförmigen Körper sich abzweigen. Der obere Zweig scheint, vermöge der überwiegenden Masse der Brückenarme, hauptsächlich theils direct mit der Großhirnrinde, theils mit den vorderen Hirnganglien (Linsenkern und Streifenhügel) in Verbindung zu stehen. Daneben vollzieht sich aber durch die Bindearme und das obere Marksegel eine Verbindung mit den hinteren Hirnganglien (Thalamus und Vierhügel). Außerdem führen die Brückenarme directe Leitungen zur Großhirnrinde, welche nach allen Theilen derselben gerichtet zu sein scheinen. Hiernach ist nicht daran zu zweifeln, dass in den grauen Massen des Kleinhirns Fasersysteme von verschiedener functioneller Bedeutung sich begegnen, und dass insbesondere in demselben sensorische mit motorischen Bahnen und beide mit höher gelegenen Centren in Verbindung gesetzt werden.

Das in Fig. 51 gegebene Schema versinnlicht die hauptsächlichsten dieser Verhältnisse. Man erkennt in demselben zunächst, durch dickere Linien ausgezeichnet, die einzige zwischen Rückenmark und Großhirnrinde direct verlaufende Bahn, die Pyramidenbahn mit ihrem gekreuzten Seiten- und ungekreuzten Vorderstrangantheil (p_1, p_2, p). Die übrigen motorischen Bahnen, die aus den Vordersträngen stammen, werden durch graue Massen unterbrochen, über die hinaus sie nur unsicher noch weiterverfolgt werden können (v v'). Ebenso verhält es sich zum Theil mit der sensorischen Hinterstrangbahn der Goll'schen Stränge (g g'), welche über der von ihnen gebildeten oberen Pyramidenkreuzung (k_2) theils sich in den grauen Massen der Brücke verlieren, theils Faserzüge entsenden, die, der Pyramidenbahn sich anschließend, nach den Centralwindungen verlaufen (g_1). Eine weitere sensorische Bahn bildet sodann die Hinterstrang-Brückenbahn (c c'), von der möglicher Weise ein Theil durch die

---

1) Demnach führen die Bindearme den ihnen noch häufig beigelegten Namen »processus ad corpp. quadrigemina« mit Unrecht.

2) Dass die Verbindung der Oliven mit den Hintersträngen bestritten wird, ist übrigens oben (S. 116) bemerkt worden.

Oliven zu der Oliven-Kleinhirnbahn (f) sich abzweigt. Von ihr unterscheidet sich die ungekreuzte directe Kleinhirn-Seitenstrangbahn (cs) durch ihre Endigung in der Rinde des Kleinhirns, namentlich des Wurmes. Von den weiter nach oben tretenden Bahnen sind die aus dem Kleinhirnkern hervorgehenden Bindearme theils in die vorderen Hirnganglien, theils zur Großhirnrinde zu verfolgen (e'); auf der anderen Seite stehen sie sowohl mit der Kleinhirnrinde (r), wie mit der Olive der entgegengesetzten Seite, durch diese aber mit den grauen Massen der Brücke und vielleicht mit den Hintersträngen des Rückenmarks in Verbindung. Die aus der Kleinhirnrinde zum Großhirn übertretenden Fasern der durch breite Linien angedeuteten Brückenarme (bb') treten zunächst in die grauen Kerne der Brücke und stehen durch diese mit den Hirnganglien, in größtem Umfange aber mit der Großhirnrinde, besonders dem Stirntheil derselben, im Zusammenhang. Von den in Fig. 51 dargestellten centralen Leitungsbahnen endigt somit die Pyramidenbahn (p) samt ihrem sensorischen Antheil (g_1) ausschließlich, die Kleinhirn-Brückenbahn (b') wenigstens vorzugsweise in der Großhirnrinde: die Bahn der Bindearme des kleinen Gehirns (e') theilt sich zwischen Hirnganglien und Großhirnrinde, und die weiteren indirecten Fortsetzungen der Vorder-, Seiten- und Hinterstränge aus der Brücke (v' s') begeben sich endlich allein zu den Hirnganglien.

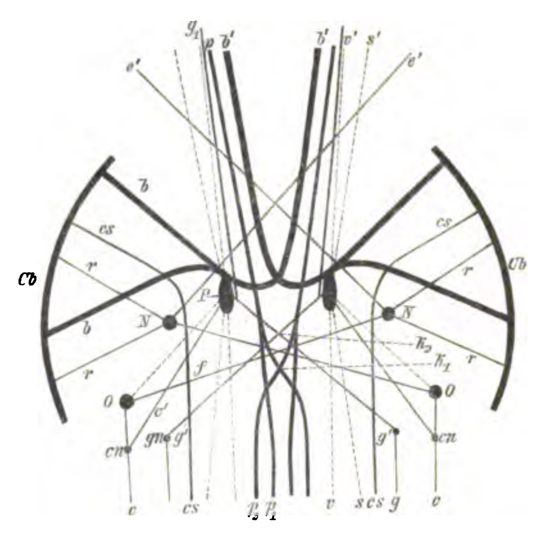


Fig. 51. Schema der Leitungsbahnen durch Brücke und Kleinhirn. *Cb* Rinde des Kleinhirns. *N* gezahnter Kern desselben. *P* graue Massen des Pons. *O* Olive. *gn* Kerne der GOLL'schen Stränge. *cn* Kerne der keilförmigen Stränge. p_1 Pyramidenvorderstrang (ungekreuzt). p_2 Pyramidenseitenstrang (gekreuzt). *vv'* Vorderstrangreste. *ss'* Seitenstrangreste. *g* GOLL'sche Stränge. *c* keilförmige Stränge. *g'*, *c'* centrale Fortsetzungen derselben. g_1 Hinterstranganttheil der Pyramidenbahn. *f* Leitung von den Oliven zum Kleinhirnkern. *cs* directe Kleinhirn-Seitenstrangbahn. *r* Leitung vom Kleinhirnkern zur Kleinhirnrinde. *bb'* Bahn der Brückenarme. *e'* Bahn der Bindearme. k_1 untere Pyramidenkreuzung. k_2 sogen. obere Pyramidenkreuzung.

Der aus den Verhältnissen der zu- und abführenden Leitungsbahnen zu ziehende Schluss, dass im Kleinhirn Leitungen von verschiedener

functioneller Bedeutung mit einander in Verbindung gesetzt werden, findet eine Stütze in der eigenthümlichen Structur der Kleinhirnrinde (Fig. 52). Die letztere besteht in ihrem äußeren Theil aus einer feinkörnigen Molekularschicht mit zahlreichen, meist longitudinal gerichteten kleinen Ganglienzellen (*1 a*), welche von zahlreichen Fibrillen umsponnen sind. An der inneren Grenze dieser Molekularschicht werden die Fasern dichter und nehmen ebenso wie die Zellen eine transversale Richtung an (*1 b*). Unter dieser helleren Schichte findet sich eine durch ihre dunkle Färbung ausgezeichnete, großentheils aus größeren und kleineren Nervenzellen bestehende Lage, die Körnerschichte (3), deren Zellen zahlreiche (in der Figur nicht dargestellte) Fortsätze nach allen Richtungen entsenden. Durch einen hellen Saum, der aus kleinen Querfibrillen mit nur wenigen eingestreuten Körnern besteht, die **Markleiste** (*m*), wird diese Schichte von dem Kleinhirnmark geschieden. An der Grenze zwischen der Körnerschichte und dem innern Theil der Molekularschichte liegt eine Reihe durch ihre Größe und die eigenthümliche Gestaltung ihrer Fortsätze ausgezeichneter Nervenzellen, die PURKINJE-schen Zellen (2). Die Protoplasmafortsätze derselben sind ungewöhnlich breit und senden eine große Zahl von Ausläufern in horizontaler Richtung sowie gegen die Oberfläche des Organs. Der Axenfortsatz ist nach innen gekehrt und verzweigt sich in Fibrillen, die gegen das Mark (*m*) hin verlaufen. Der Körper der PURKINJE-schen Zellen wird von dem Fibrillensystem der übrigen Nervenzellen umflochten. Ebenso scheinen die Ausläufer aller dieser verschiedenen Zellen in ähnlicher Weise wie überall in der Punktsubstanz der Centralorgane in innigen Contact zu treten, ohne aber jemals zu anastomosiren [1]). Sollte

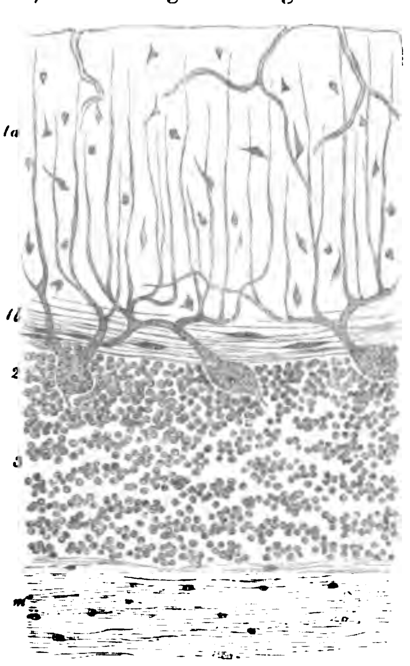


Fig. 52. Querschnitt aus der Rinde des menschlichen Kleinhirns, nach MEYNERT. *1a* äußerer longitudinal gefaserter Theil der Molekularschichte. *1b* innerer horizontal gefaserter Theil derselben. *2* Schichte der PURKINJE'schen Zellen. *3* Körnerschichte. *m* Markleiste.

1) RAMÓN Y CAJAL, Internat. Monatsschr. f. Anat. und Phys. VI, S. 158 ff. VII, S. 12 ff. KÖLLIKER, Ztschr. f. wiss. Zool. XLIX, S. 663 ff.

die Kleinhirnrinde der Verbindung von Fasern verschiedener Function dienen, wie das Verhältniss der zu- und abführenden Bahnen dies wahrscheinlich macht, so liegt es nahe, vor allem in den PURKINJE'schen Zellen solche Verbindungsorgane zu vermuthen. Es würde dann nach Analogie mit den großen Zellen in den Vorderhörnern des Rückenmarks anzunehmen sein, dass die Protoplasmafortsätze die in den Kleinhirnstielen zugeführten sensorischen Erregungen aufnehmen, während aus den Axenfortsätzen die Leitungsbahnen sich sammeln, die in den Brückenarmen zum Großhirn führen.

6. Leitungssysteme der Hirnschenkel und Hirnganglien.

Mit den in den mittleren und oberen Kleinhirnstielen das kleine mit dem großen Gehirn verbindenden Fasern treffen die direct nach oben laufenden Fortsetzungen der Rückenmarksstränge in der Hirnbrücke zusammen. Diese ist keine Quercommissur zwischen den beiden Kleinhirnhälften, was sie nach dem äußern Anblick zu sein scheint; die wirklichen Commissurenfasern bleiben vielmehr innerhalb des Kleinhirnmarks, indem sie, wie wir oben gesehen, durch den Wurm hindurchtreten. Eine wichtige Bedeutung der Brücke besteht aber wohl darin, dass die aus dem kleinen Gehirn ihr zugeleiteten Fasern in ihre grauen Massen eintreten, worauf aus diesen neue vertical aufsteigende Fasern hervorgehen, welche sich dem Hirnschenkel beigesellen. Die in der Mittellinie bei *R* Fig. 53) von der einen zur andern Seite herübertretenden Fasern sind wahrscheinlich der Hauptmasse nach Kreuzungsfasern, welche theils den directen Fortsetzungen der Rückenmarksstränge durch die Brücke, theils den Brückenarmen des Kleinhirns angehören; denn was die ersteren betrifft, so haben uns physiologische Thatsachen belehrt, dass ein großer Theil der Bahnen in der Brücke auf die entgegengesetzte Seite tritt (S. 113); die Kreuzung der Brückenarme aber wird durch pathologische Beobachtungen wahrscheinlich, welche eine functionelle Verbindung je einer Kleinhirnhälfte mit der entgegengesetzten Großhirnhemisphäre annehmen lassen: Atrophie eines Großhirnlappens pflegt nämlich von einem Schwund der ungleichseitigen Kleinhirnhälfte begleitet oder gefolgt zu sein[1]. Wie die Fasern der Brückenarme wahrscheinlich alle in Internodien grauer Substanz eintreten, bevor sie in die verticale Bahn umbiegen, so sind auch in die unmittelbar aufsteigenden oberen Kleinhirnstiele (*b a* Fig. 53) kleinere graue Kerne eingestreut, bis jene endlich nach eingetretener Kreuzung

1) MEYNERT a. a. O. S. 759.

in den im oberen Theil des Hirnschenkels gelegenen rothen Kernen ihr Ende finden. Auf diese Weise, durch Sammlung der von unten aufsteigenden Rückenmarksstränge sowie der seitlich und von oben herantretenden Fortsätze aus dem kleinen Gehirn, constituirt sich innerhalb der Brücke jener ganze Faserzug, welcher die tiefer gelegenen Nervencentren mit den Gebilden des Großhirns verbindet, der **Hirnschenkel**. Nebenbei ist aber die Brücke noch durchsetzt von den Wurzelbündeln einiger höher oben entspringender Hirnnerven, deren Ursprungskerne theils auf dem grauen Boden des obersten Theils der Rautengrube, theils in der Nähe der den Centralcanal fortsetzenden Sylvischen Wasserleitung gelegen sind[1].

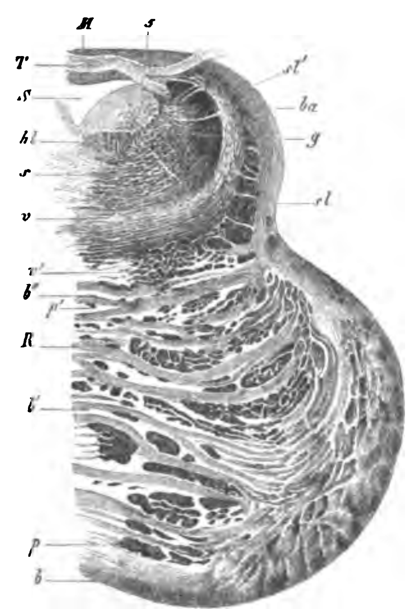


Fig. 53. Querschnitt durch die menschliche Brücke in der Höhe der Trochleariswurzel, nach STILLING. *M* Oberes Marksegel. *T* Trochleariswurzel. *S* Sylvische Wasserleitung. *5* Ursprungszellen des fünften Hirnnerven in dem grauen Boden der Wasserleitung. *hl*, *v*, *v'*, *sl* Fortsetzungen der Vorderstränge. *hl* hinteres Längsbündel. *v* mittlere Vorderstrangsreste zu beiden Seiten der Raphe. *v'* Vordere an die Schleife grenzende Vorderstrangsreste. *sl* Schleife, Fortsetzung der die Oliven umgebenden Vorderstrangabtheilungen (Hülsenstränge). *sl'* Uebergang der Schleifenfasern in das Dach der Sylvischen Wasserleitung. *s* Seitenstrangreste und netzförmig durchbrochene Substanz. *g* gelatinöse Substanz und Fortsetzungen der Hinterstränge. *ba* obere Kleinhirnstiele (Bindearme). *R* Raphe. *b* oberflächliche, *b'* mittlere und *b''* tiefe Querfasern der Brücke. *p* bis *p'* Fortsetzungen der Pyramidenstränge, vermischt mit grauer Substanz und den aus der letzteren hervorgehenden und aufsteigenden Fortsetzungen der Brückenarme oder mittleren Kleinhirnstiele.

In Folge seiner Zerklüftung durch graue Substanz und durch die Querfasern der Brückenarme zerfällt der Hirnschenkel in jene **zwei Abtheilungen**, die schon die gröbere Zerlegung des Gehirns unterscheidet: den **Fuß** und die **Haube**, von welcher letzteren als eine nach der Richtung ihres Verlaufs ihr zugehörige, im übrigen aber deutlich geschiedene Abtheilung die **Schleife** sich sondert. Zwar stellt keine dieser Abtheilungen eine vollständige functionelle Einheit dar; vielmehr sind in ihnen sehr verschiedenartige Leitungsbahnen

[1] Diese Nerven, deren Ursprungsgebiet der Brücke angehört, sind Facialis, Abducens und mittlere Wurzel des Quintus. Der Trochlearis entspringt mit dem Oculomotorius erst nach vorn von der Brücke, seine Fasern wenden sich aber nach rückwärts und durchkreuzen in der Höhe der Brücke das Dach der Sylvischen Wasserleitung (Fig. 53 *T*).

zusammengefasst; immerhin scheint dieser Zweitheilung des Hirnschenkels eine erste, freilich noch rohe Sonderung der zahlreichen Leitungssysteme, welche der Hirnschenkel in sich fasst, zu entsprechen. So wird der untere Theil oder Fuß (p—p' Fig. 53) vorwiegend durch die Fortsetzungen der Pyramiden, der Vorderstrangreste und der Brückenarme gebildet. Der äußerste Theil desselben führt jene Fortsetzung aus den Goll'schen Strängen, welche sich im verlängerten Mark nach vorn wendet, um sich oberhalb der eigentlichen Pyramidenkreuzung in der Mittellinie zu kreuzen (k_2 Fig. 51). Die substantia nigra Sömmering's ist ein Ganglienkern, der, den Leitungsbahnen des Fußes zugehörend, den Fuß von der Haube trennt. Der darüber gelegene Theil, die Haube (v'—hl) des Hirnschenkels, wird zunächst durch die Seiten-, Hinterstrang- und einen Theil der Vorderstrangreste gebildet, wozu sich im weiteren Verlauf, von den in den Haubenquerschnitt eingelagerten rothen Kernen an, noch die oberen Kleinhirnstiele hinzugesellen (Fig. 50 mf, hi, cr). Die eine besondere Abtheilung der Haube bildende Schleife endlich (sl—sl' Fig. 53) führt ebenfalls theils Fasern aus den Hintersträngen, theils aus den Vordersträngen und dem Cerebellum. Diesen Ursprungsverhältnissen gemäß ist der Fuß derjenige Theil des Hirnschenkels, welcher, insoweit er direct aus dem Rückenmark stammt, seiner überwiegenden Masse nach motorische Bahnen führt; die Haube und Schleife sind gemischten und, wie es scheint, vorwiegend sensorischen Ursprungs. Ueberall treten aber zu diesen directen Fortsetzungen der Rückenmarkssysteme die Leitungen aus dem Kleinhirn hinzu, welche offenbar keiner jener beiden Hauptrichtungen der Leitung, sondern der Classe der intracentralen Bahnen zugerechnet werden müssen. Hauptsächlich der Hinzutritt der letzteren bedingt eine so verwickelte Verflechtung der Fasersysteme des Hirnschenkels, dass die weitere Verfolgung derselben zu den Hirnganglien und in das Mark des Stabkranzes eine äußerst schwierige Aufgabe wird. Wir wollen, indem wir die einigermaßen sichergestellten Thatsachen zusammenfassen, hierbei soviel als möglich diejenige Ordnung einhalten, in welcher die Theile des Hirnschenkels von unten nach oben ihr centrales Ende finden.

Beginnen wir demnach die weitere Verfolgung der Leitungswege mit dem obersten Theil des Hirnschenkels, mit der Schleife oder Schleifenschicht der Haube (sl Fig. 53). Sie trennt sich in der Höhe der Vierhügel wieder in zwei Abtheilungen, in die untere Schleife, welche unmittelbar in die auf ihr ruhenden Vierhügel, namentlich in das vordere Vierhügelpaar, übergeht (Fig. 54), und in die obere Schleife, welche nach den höher oben gelegenen Hirngebieten weiterzieht. Ein

Theil der Schleifenfasern endigt in den grauen Kernen der Vierhügel, anderseits kommen aus den letzteren neue Fasern hervor, die nach der Mittellinie verlaufen, im Dach der Sylvischen Wasserleitung sich kreuzen und dann in den Marküberzug des entgegengesetzten Hügels ausstrahlen, aus welchem sie direct in den zum Sehhügel reichenden Vierhügelarm übergehen (Fig. 28 S. 59). Aus den Vierhügelarmen treten die Fasern in die beiden Kniehöcker, den äußeren und inneren über. Aus den grauen Kernen der Kniehöcker, namentlich der äußern, kommen dann Fasern hervor, die sich zum Sehnerven sammeln (Fig. 54). Demnach nehmen die Sehnervenfasern ihren nächsten Ursprung theils aus den grauen Kernen der Vierhügel, insbesondere des vorderen Paares, theils aus

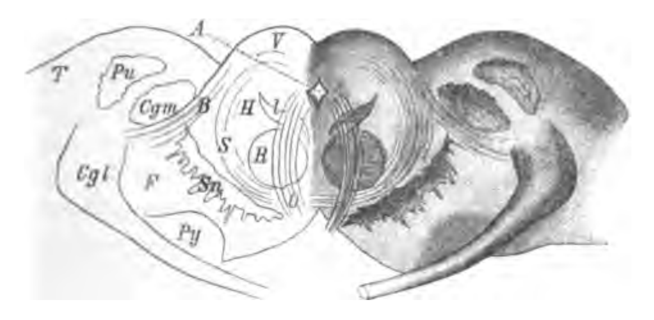


Fig. 54. Senkrechter Schnitt durch den Hirnstamm in der oberen Vierhügelgegend mit dem Ursprung des Sehnerven; zum Theil nach EDINGER. *A* Aquaeductus. *B* Arm des Vierhügels. *V* vorderer Vierhügel. *T* Thalamus. *Pu* Pulvinar. *H* Haube. *F* Fuß des Hirnschenkels. *S* Schleife. *Cgm* Corpus geniculatatum mediale. *Cgl* Corp. gen. laterale. *R* rother Kern. *Sn* Substantia nigra. *Py* Pyramis. *l* hinteres Längsbündel. *O* Nervus oculomotorius.

den Kernen der Kniehöcker, namentlich des äußern. In dem Chiasma der Sehnerven erfahren die Opticusfasern eine totale oder partielle Kreuzung, während zugleich auf der Gehirnseite des Chiasmas einige Faserbündel commissurenartig die Sehnervencentren beider Seiten zu verbinden scheinen. Nach dem Ergebniss physiologischer Versuche bei Thieren ist die Kreuzung dann eine totale, wenn die Gesichtsfelder beider Augen vollständig von einander getrennt sind; im entgegengesetzten Fall ist sie eine partielle, und zwar nähert sich das Verhältniss der gekreuzten und ungekreuzten Fasern um so mehr der Halbirung, je größer das gemeinsame Gesichtsfeld ist. Bei Thieren mit vollständig getrennten Gesichtsfeldern hat daher die Zerstörung eines vorderen Vierhügels entweder völlige oder fast völlige Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite zur Folge, und der Verlust eines Auges zieht nach längerer Zeit Atrophie des gegenüberliegenden vorderen Vierhügels sowie des zu ihm gehörigen tractus opticus vom Chiasma an nach sich. Beim Menschen und bei allen

Thieren, bei denen ein gemeinsames Gesichtsfeld für beide Augen existirt. vertheilt sich dagegen die Atrophie auf beide Sehnerven und Sehstreifen, indem die auf der Schläfenseite der Retina sich ausbreitenden Fasern ungekreuzt, die auf der Nasenseite gelegenen gekreuzt verlaufen[1]. Auch die pathologische Beobachtung beim Menschen scheint diese Art der Kreuzung zu bestätigen, indem sie zeigt, dass bei partieller Erblindung beider Netzhäute aus centralen Ursachen in der Regel die Außenhälfte der einen und die Innenhälfte der andern Retina zusammen ergriffen sind[2]. Nur die zwischen dem Sehnerveneintritt und der nach außen von ihm gelegenen Centralgrube der Netzhaut (der Stelle des deutlichsten Sehens) befindliche Netzhautstrecke scheint von Fasern beider Sehnerven versorgt zu werden. Die Fig. 55 veranschaulicht dieses Verhältniss[3]).

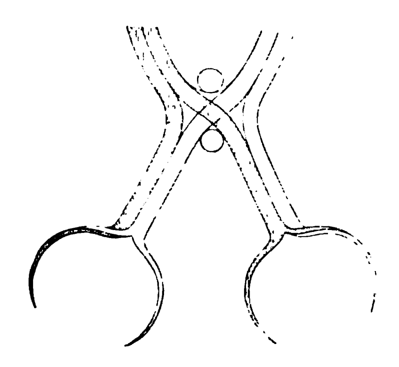


Fig. 55. Schema der Sehnervenkreuzung im Chiasma des Menschen. (Beide Sehnerven mit ihren Netzhautausbreitungen von oben gesehen.) Der tractus opticus der rechten Seite ist schraffirt, derjenige der linken ist weiß gelassen.

Wie der Sehnerv, so stehen auch die Ursprungsfasern der beiden vorderen Augenmuskelnerven mit den grauen Kernen der Vierhügel in naher Verbindung. Die von den Vierhügeln bedeckte Sylvische Wasserleitung (*S* Fig. 53) ist nämlich von grauer Substanz umgeben, in deren Gebiet, nach unten von der Lichtung, Nervenkerne liegen, aus welchen die Wurzeln des Oculomotorius und Trochlearis hervorkommen[4]. Die aus diesen Kernen centralwärts verlaufenden Faserbündel stehen mit den

---

1) Gudden, Arch. f. Ophthalmologie XX, 2. S. 249, XXI, 3. S. 199, XXV, 1. S. 1. Ganser, Arch. f. Psychiatrie XIII, S. 1 ff. Richter, Arch. f. Psych. XX, S. 504. Im Sehtractus scheinen in der Regel die gekreuzten sowie die ungekreuzten Fasern in getrennten Bündeln zu verlaufen, indem die ersteren nach außen, die letzteren im Innern desselben liegen. Vgl. Delbrück, Archiv f. Psychiatrie XXI, S. 746. Ganser, a. a. O. S. 17.

2) Vgl. unten Nr. 9.

3) Beim Menschen setzt Mauthner das Stärkeverhältniss des gekreuzten zum ungekreuzten Bündel = 3 : 2. (Mauthner, Gehirn und Auge. I. Wiesbaden 1880. S. 427.) In der Thierreihe scheint der Antheil der Kreuzungsfasern im gleichen Maße zuzunehmen, als das gemeinsame Gesichtsfeld an Umfang abnimmt.

4) Die Wurzelfasern des Trochlearis treten nach oben und kreuzen sich vollständig vor dem unteren Vierhügelpaar im Dach des aquaeductus Sylvii (*T* Fig. 53); die Fasern des Oculomotorius laufen die Haube durchsetzend nach unten, um an der innern Seite des Hirnschenkelfußes an der Oberfläche zu erscheinen (*III* Fig. 27). Sie kreuzen sich partiell, die des Abducens, dessen Kern im Knie des nerv. facialis liegt, gar nicht. (v. Gudden, Neurolog. Centralblatt. 1882.) Die Centren für Accommodation und Irisbewegung scheinen im vordern, die für die Heber des Auges im hinteren seitlichen Theil des Oculomotoriuskernes zu liegen; ebenso entspricht dem Heber des Augenlides ein besonderes Centrum. (Siemerling, Archiv f. Psychiatrie, XXII, Suppl.)

Ganglienkernen des hinteren Vierhügelpaares in Verbindung, ebenso die Fasern, welche die Accommodation für die Nähe und die Verengerung der Pupillen bewirken[1]). Die Erscheinungen bei local beschränkter mechanischer oder elektrischer Reizung der Vierhügel lassen getrennte Functionscentren für die verschiedenen Augenmuskeln vermuthen, wobei die Centren der synergisch thätigen Muskeln auch räumlich einander genähert sind. Wahrscheinlich findet eine annähernd gleichförmige Vertheilung gekreuzter und ungekreuzter Fasern in beiden Vierhügeln statt; die Oculomotoriusfasern zum Rectus superior und Obliquus inferior, welche bei der Aufwärtswendung des Auges wirksam sind, scheinen nahe dem vorderen Ende, die Fasern zum Rectus inferior und die Trochlearisfasern zum Obliquus superior dagegen, welche die Abwärtswendung bewerkstelligen, weiter hinten ihre Centra zu besitzen[2]). Von allen diesen Centren müssen dann außerdem Centralfasern zu den verschiedenen Regionen des Pupillarcentrums angenommen werden, um die begleitenden Bewegungen der Iris zu erklären. Neben den Fasern, die von den nahe gelegenen Kernen der Augenmuskelnerven den Vierhügeln zufließen, empfangen letztere endlich in der Schleife noch eine Abzweigung der sensorischen Bahn und eine solche aus der motorischen Bahn des Rückenmarks, daher man nach Zerstörungen der Hinter- wie der Vorderhörner des Rückenmarks auf der der Empfindungs- oder Bewegungslähmung entgegengesetzten Hirnseite secundäre Atrophie der unteren Schleife sowie des hinteren Vierhügels beobachtet. Auch Versuche an Thieren bestätigen dieses Ergebniss[3]). Nach Exstirpationsversuchen und pathologischen Beobachtungen scheinen diese Rückenmarksantheile der Schleife in dem hinteren Hügelpaar ihr nächstes Ende zu finden. Die Thatsache, dass bei Thieren, deren Augen durch das Leben im Dunkeln verkümmert sind, wie beim Maulwurf, nur das vordere Hügelpaar atrophisch gefunden wird, steht mit dieser Vertheilung der Leitungsbahnen in Uebereinstimmung[4]).

Die hauptsächlichsten den Vierhügeln von der peripherischen Seite zugeführten Leitungsbahnen sind demnach: erstens centrale Bahnen motorischer Nervenkerne, sie sind theils diejenigen Bündel der Schleife, durch welche sich ein Antheil der motorischen Rückenmarksstränge in die Vierhügel abzweigt, theils die den letzteren zugeführten Centralfasern der Augenmuskelnerven; zweitens sensorische Nervenbahnen, sie gehören

1) Doch liegt, wie von GUDDEN aus Exstirpationsversuchen schließt, das Pupillencentrum vor dem oberen Vierhügel; die Verbindung ist ebenfalls eine gekreuzte. Neurol. Centralbl. 1882.

2) Vgl. SCHIFF, Physiologie I, S. 358. ADAMÜK, Med. Centralblatt 1870, No. 5.

3) FERRIER, Functionen des Gehirns, S. 82 f. NOTHNAGEL, Topische Diagnostik, S. 216. ROSSOLIMO, Arch. f. Psychiatrie XXI, S. 897.

4) GANSER, Morphol. Jahrb. VII, S. 591.

theils dem Sehnerven, theils Fortsetzungen der Hinterstränge des Rückenmarks an. Mit einem Theil dieser ihrer peripherischen Wurzeln sind die Vierhügel in gekreuzter Richtung verbunden. Auf der andern Seite entspringen dann aus ihren Ganglienkernen centralwärts gerichtete Faserbündel, welche, neben den an Zahl geringeren zum tractus opticus gehenden Fasern, die Hauptmasse der Vierhügelarme bilden. Diese Faserbündel sind, wie die Vierhügelarme selbst, nach vorn und außen gegen die Sehhügel gerichtet. Sie treten in die Basis der Sehhügel ein, von wo ein Theil in die grauen Kerne des Thalamus selbst ausstrahlt, ein anderer, vorzugsweise dem vordersten Theil der Vierhügel entstammender, zum Linsenkern sich begibt; die überwiegende Menge der Fasern tritt jedoch unter den Sehhügeln hindurch, um sich direct dem Stabkranz beizugesellen, und zwar derjenigen Abtheilung desselben, welche sich in die Hinterhauptslappen begibt[1]).

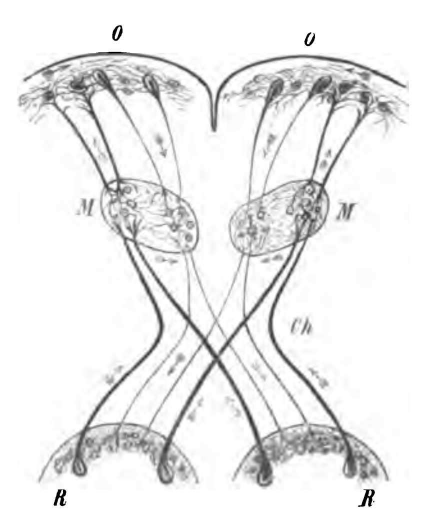


Fig. 56. Hypothetisches Schema der optischen Leitungsbahnen. *OO* Rindencentrum. *MM* Mittelhirncentrum. *Ch* Chiasma. *RR* Retina - Endigungen. ↑ centripetale, ↓ centrifugale Bahnen. → Collaterale Verbindungsbahnen.

Unter den hier geschilderten sensorischen Bahnen ist namentlich für diejenige der Sehnervenfasern eine doppelte Leitungsrichtung nach der Endigungsweise in verschiedenen Zellenformen wahrscheinlich: eine centripetale und eine centrifugale. Die erstere, bestehend aus den dickeren Fasern des Opticus, beginnt in den Axenfortsätzen der großen Ganglienzellen der Retina (Fig. 56 *RR*) und findet in der Punktsubstanz und den kleinen Ganglienzellen des äußeren Kniehöckers und des vorderen Vierhügels (*MM*) ihr nächstes Ende, worauf dann von hier aus Fasern, die mit den unten zu beschreibenden Fortsetzungen der Haube durch die innere Kapsel des Linsenkerns treten, in dem Stabkranz zu den kleineren Ganglienzellen der Rinde des Occipitalhirns (*OO*) sich fortsetzen. Die centrifugal gerichtete Bahn besteht aus den feineren Fasern des Opticus; sie beginnt mit den Axenfortsätzen der großen Nervenzellen des Occipitalhirns, erstreckt sich dann im Stabkranz, ebenfalls durch die innere Kapsel

1) Abgesehen von den mikroskopischen Beobachtungen (vgl. WERNICKE, Lehrb. der Gehirnkrankheiten I, S. 69 ff. EDINGER, Zehn Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1885. S. 58 ff. 3. Aufl. 1892 S. 87 ff.), weisen auf diese Verbindung mit dem Occipitalhirn die unten (No. 9) zu besprechenden physiologischen und pathologischen Ergebnisse über die letzte Endigung der Sehnervenbahnen hin.

tretend, zu der grauen Substanz des vorderen Vierhügels, von hier aus in den Sehnerven, um schließlich in den kleinen Ganglienzellen der sog. Körnerschicht der Retina zu endigen[1]. In den Mittelhirncentren beider Bahnen (corp. genic. ant. und Vierhügel) wird wahrscheinlich zugleich eine Verbindung beider Retinen mit einander vermittelt[2].

Ohne Zweifel entspricht die Endigungsweise des Hörnerven der des Sehnerven, indem auch für ihn, außer der nächsten Endigung in einem Nervenkern noch eine centralere Ganglienendigung existirt, in welcher die Acusticusfasern mit andern sensorischen und motorischen Nervenbahnen, sowie mit Leitungen zum Kleinhirn in Verbindung stehen. Der in der Rautengrube gelegene Kern des Hörnerven besteht aus drei von einander gesonderten Massen grauer Substanz, einer vorderen, seitlichen und hinteren, aus denen gesonderte Wurzelbündel entspringen. Aus den Ursprungsverhältnissen im vorderen dieser Kerne, aus welchem der Nerv zur Schnecke des Gehörlabyrinthes hervorgeht, schließt man, dass auch hier, analog wie im Opticus, neben der centripetalen eine centrifugale Bahn existirt[3]. Als ein centraleres Acusticusganglion des Menschen betrachtet man einen dem Tuberculum acusticum niederer Wirbelthiere entsprechenden Ganglienkern, dicht bei der Flocke, neben und nach außen von den Kleinhirnschenkeln[4]. Außerdem setzen die auf dem Boden der Rautengrube gelegenen Striae acusticae (*g* Fig. 28 S. 59), namentlich aus dem seitlichen und hinteren Acusticuskern hervortretend und in der Mittellinie sich kreuzend, das System der Hörnervenfasern theils mit der grauen Substanz des Rückenmarks, besonders der Hinterstränge, theils mit den grauen Kernen der Olive und durch diese mit dem Kleinhirn in Verbindung[5].

Die der Haube des Hirnschenkels nach Abzug der Schleifenschicht zugehörigen Markbündel erstrecken sich unter den Vierhügeln nach vorn. Sie bilden den Boden der Sehhügel (vgl. Fig. 36 S. 70) und mischen sich an der Stelle des rothen Kerns (*hb*) mit den in letzteren eintretenden Fasern des Bindearms, deren muthmaßlicher Verlauf schon früher (S. 120) besprochen wurde, zu einem dichten Fasergeflecht, durch welches sowie durch die hier stattfindende Kreuzung der Bindearme und durch die hinzutretenden Fasern der oberen Schleifenschicht diese ganze als Regio subthalamica bezeichnete Gegend eine sehr verwickelte Beschaffenheit annimmt. Die bedeutende Abnahme der Längsfaserzüge oberhalb des rothen Kerns lässt schließen, dass ein Theil der Haubenbündel im Sehhügel sein Ende findet, und die Richtung der in den Sehhügel von seinem Boden her ausstrahlenden Fasern unterstützt diese Vermuthung, während freilich schon der Umstand, dass die Masse der Haube bei verschiedenen Thieren

1 Vergl. hierzu die Structur der Retina Cap. VII, 4.
2 v. Monakow, Arch. f. Psychiatrie XX, S. 714. Ramon y Cajal, Rivista di Cienc. Med. de Barcelona No. 22, 23. 1891.
3 Held, Archiv f. Anatomie. 1892. S. 35.
4 Forel, Neurol. Centralbl. 1885. No. 5 und 9.
5 Bechterew, Neurolog. Centralbl. 1887. S. 194. v. Monakow, ebend. S. 201. Edinger, Anat. Anz. 1887. S. 145.

keineswegs gleichen Schritt hält mit der Entwicklung des Thalamus, auf weitere Leitungswege hinweist[1]). In der That sind solche in der Form von Fasermassen nachzuweisen, welche, aus dem rothen Kern hervorgehend, nach außen und oben vom Sehhügel in die innere Kapsel eintreten und von hier in die Großhirnhemisphären ausstrahlen. Außerdem dringt ein ansehnlicher Theil der im rothen Kern entspringenden Fasern in die beiden vorderen Hirnganglien, Linsenkern und Streifenhügel, um in den grauen Massen derselben ihr Ende zu finden. Wir können daher drei Abtheilungen, eine Sehhügelbahn, eine directe Großhirnrindenbahn und eine Vorderhirnganglienbahn der Haube unterscheiden.

Die in den Sehhügel eintretenden Fasern verlaufen theils rechtläufig, theils gekreuzt. Die Kreuzungsfasern bilden, nach innen vom rothen Kern gelagert, die hintere Commissur (*cp* Fig. 33 S. 67)[2]), während die den rothen Kern unmittelbar umgebenden Faserzüge in den gleichseitigen Sehhügel eintreten. Außer diesen Einstrahlungen aus Bindearmen und Haube des Hirnschenkels nimmt der Sehhügel von der Peripherie her die oben schon erwähnten Faserbündel aus den Vierhügeln durch die vorderen Vierhügelarme und andere aus dem tractus opticus auf[3]). In den Ganglienkernen des Sehhügels dürften somit von der Peripherie her, ähnlich wie in den Vierhügeln, sensorische und motorische Leitungsbahnen zusammenfließen, während überdies in ihn wahrscheinlich ein nicht unerheblicher Antheil der intracentralen, durch die Bindearme vom Kleinhirn herkommenden Fasern eingeht. Die sensorischen Bahnen des Sehhügels gehören aber augenscheinlich nur zu einem geringen Theil dem Sehnerven, zum größeren Theil den Fortsetzungen sensorischer Rückenmarksstränge an. Motorische Leitungsbahnen können theils den directen Hirnschenkeleinstrahlungen beigemischt sein, theils ursprünglich von der Schleife herstammen. Eine besondere Abzweigung der Haubenbahn schlägt endlich den Umweg über das corpus candicans ein und tritt von da in dem so genannten aufsteigenden Schenkel des Gewölbes in den Sehhügel ein (Fig. 33 *cc*, *ra* S. 67). Centralwärts gehen sehr bedeutende Fasermassen aus dem Sehhügel hervor, von denen ein geringer Antheil im Linsenkern endet, die Hauptmasse aber nach allen Theilen der Hirnrinde, vorzugsweise in den Stirn-, Schläfe- und Scheitellappen zieht.

---

1) Forel, Archiv f. Psychiatrie VII, S. 411 ff.

2) Ein in seiner Bedeutung noch unerkanntes Gebilde, welches aber wahrscheinlich ebenfalls Kreuzungsfasern des Sehhügels einschließt, ist die mittlere Commissur (*cm* Fig. 34).

3) J. Wagner, Der Ursprung der Sehnervenfasern. Dorpat 1862, S. 11 f. Henle, a. a. O. S. 250, Fig. 179. Wernicke a. a. O. I. S. 72.

Diese Ausstrahlungen geschehen in der Form gesonderter Bündel, welche von der Basis des Sehhügels ausgehen. Ein erstes Bündel windet sich zwischen dem geschwänzten und Linsenkern hindurch, es bildet einen Theil der inneren Markkapsel des letzteren (*mth* Fig. 57) und geht zum Frontalhirn. Eine zweite Markstrahlung verläuft unter dem Linsenkern

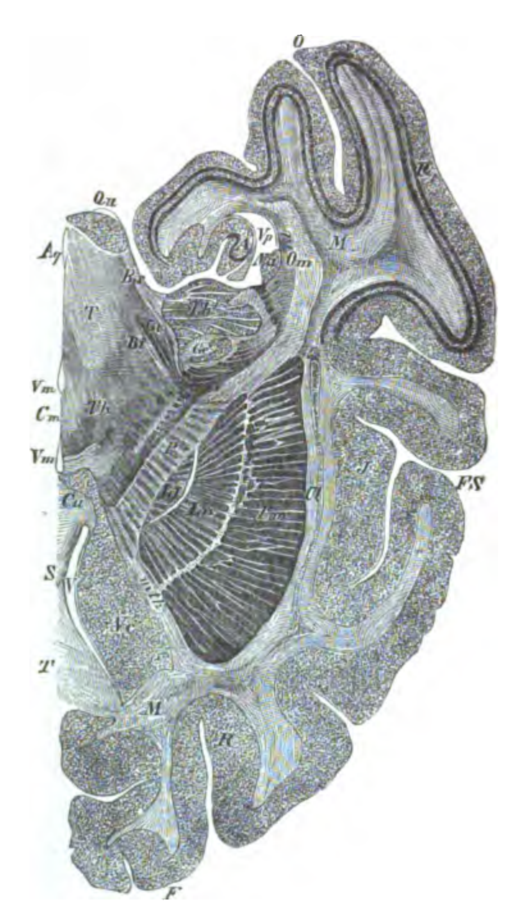


Fig. 57. Horizontalschnitt durch die linke Hemisphäre eines Affen. Nach MEYNERT. *F* Stirnende, *O* Hinterhauptsende der Hemisphäre. *R* Hirnrinde. *FS* Sylvische Spalte. *J* Insel. *Cl* Vormauer. *Li*, *Lii*, *Liii* Linsenkern. *Nc* Kopf des Streifenhügels. *Na* Durchschnitt des hinteren Endes vom geschweiften Kern. *M* Hemisphärenmark, vorn aus sich kreuzenden Stabkranz- und Balkenfasern, hinten aus Stabkranzfasern bestehend. *T* Balken. *S* Septum lucidum. *Ca* vordere Commissur. *Cm* mittlere Commissur. *V* Vorderhorn. *Vp* Hinterhorn des Seitenventrikels. *Vm* Dritter Ventrikel. *Th* Sehhügel. (Darüber liegt die Strahlung des Balkenwulstes *T*, vgl. den Medianschnitt Fig. 33 S. 67.) *Th*[1] Sehhügelpolster. *Qu* unterer Vierhügel. *Aq* Sylvische Wasserleitung. *Bs* oberer, *Bi* unterer Vierhügelarm. *Gi* innerer, *Ge* äußerer Kniehöcker. *P* Stabkranzfasern der inneren Kapsel, zum Theil quer durchschnitten. *Om* Markstrahlung in den Hinterlappen aus dem hinteren Theil der inneren Kapsel. *A* Ammonshorn. *T'* Balkentapete, die Wand des Hinterhorns bildend. *mth* Markstrahlung aus dem Sehhügel in den Stirnlappen.

nach der Gegend der Sylvischen Spalte. Eine dritte nimmt an den Stabkranzfasern zur Rinde des Occipitalhirns Theil (*Om* Fig. 57).

Die directe Großhirnrindenbahn der Haube besteht aus Fasermassen, die nach hinten von der nachher zu schildernden Pyramidenbahn des Fußes durch die innere Kapsel treten (*P* Fig. 57) und dann in den Theil des Stabkranzes übergehen, der in den hinteren Theil des Scheitelhirns, nämlich in den so genannten Vorzwickel, ausstrahlt. Es leidet kaum einen Zweifel, dass auf diesem Wege die sensible Oberfläche der

Haut durch eine verhältnissmäßig directe Leitung, der sich noch andere Sinnesnervenfasern beimischen, mit der Großhirnrinde in Verbindung gesetzt ist[1]. Namentlich spricht hierfür die Beobachtung, dass Läsionen, welche den hinteren Theil der inneren Kapsel treffen, Empfindungslähmungen und zuweilen auch Sehstörungen auf der entgegengesetzten Körperseite zur Folge haben[2].

Die Vorderhirnganglienbahn der Haube besteht aus ansehnlichen Fasermassen, welche theils als directe Fortsetzungen der Rückenmarksstränge den rothen Kern umgeben, theils selbst aus diesem Kern und also indirect aus den Bindearmen des Kleinhirns hervorkommen, um in den Linsenkern einzutreten. Da aus diesem großen Ganglion keine Stabkranzfasern zur Großhirnrinde nachgewiesen werden können, so ist anzunehmen, dass jene Abtheilung der Haube theils in dem genannten Ganglion, theils in dem geschweiften Kern ihr letztes Ende findet[3].

Der Fuß oder die Basis des Hirnschenkels (*p* Fig. 53, S. 125) setzt denjenigen Theil des Vorderseitenstrangs fort, welcher sich direct zu den vorderen Theilen des großen Gehirns begibt; er nimmt auf diesem Wege den oberen Arm der nach dem Kleinhirn abgeleiteten Seitenbahn auf, der sich innerhalb der Brücke ihm anschließt. Auch der Fuß sondert sich wieder in drei Hauptabtheilungen, deren Ordnung wahrscheinlich während der Kreuzungen der Hirnschenkelfasern vollzogen wird. Die erste derselben (*Py* Fig. 54) geht, ohne weitere Stationen grauer Substanz zu berühren, in den Stabkranz, sie tritt zwischen Sehhügel, Streifenhügel und Linsenkern durch die innere Kapsel des letzteren (*P* Fig. 57) hindurch, um nach der Hemisphärenrinde auszustrahlen. Diese directe Großhirnrindenbahn des Fußes enthält die Fortsetzung der Pyramiden. Ihre Fasern ziehen, wie theils der Verlauf der secundären Degeneration, theils die pathologische Beobachtung zeigt, von der inneren Kapsel aus nach der Rinde der beiden Centralwindungen[4]. Hier endet diese bis jetzt am genauesten verfolgte motorische Bahn, die in den Vorder- und Seitensträngen des Rückenmarks beginnt (vgl. oben Fig. 47 S. 106) und direct, ohne weitere Knotenpunkte grauer Substanz zu durchsetzen, zur Großhirnrinde emporreicht[5]. Ihr schließt sich in ihrem Verlauf der sen-

1) Flechsig, Plan des Gehirns S. 10.

2) Veyssière, Sur l'hémianesthésie de cause cérébrale. Paris 1874. Charcot a. a. O. p. 113. Meynert, dem sich auch noch Wernicke anschließt, rechnet diese sensorische Bahn dem Fuß des Hirnschenkels zu und verlegt die Stabkranzausstrahlung derselben vorzugsweise in den Occipitallappen.

3) Wernicke a. a. O. S. 57 ff.

4) Nach Flechsig vorzugsweise der hinteren Centralwindung. (Plan des menschl. Gehirns, S. 7.)

5) Ueber die Stelle, wo die Pyramidenbahn die innere Kapsel durchsetzt, bestehen noch widersprechende Angaben. Nach Charcot (Leçons sur les localisations, p. 155

sorische Antheil der Pyramiden an, welcher eine Fortsetzung der GOLL'schen Stränge des Rückenmarks darstellt (g_1 Fig. 51 S. 121).

Die zweite Hauptabtheilung des Fußes geht aus den grauen Massen der Brücke hervor und bildet hier augenscheinlich die Fortsetzung der in der Kleinhirnrinde entsprungenen Brückenarme. Die Faserbündel, die aus dieser Abtheilung hervorkommen, treten ebenfalls nach innen vom Linsenkern zum Stabkranz, um in diesem nach allen Gebieten der Großhirnrinde, namentlich aber zum Stirn-, Schläfe- und Occipitallappen auszustrahlen.

Die dritte Abtheilung des Fußes ist die schwächste. Sie steht im unteren Verlauf wahrscheinlich mit der substantia nigra in Verbindung; ihr weiterer Ursprung ist unbekannt. Wahrscheinlich ist es aber, dass auch sie mit den Brückenarmen des Kleinhirns zusammenhängt. Nach oben geht sie in die grauen Massen der vorderen Hirnganglien, des Linsenkerns und Streifenhügels, über. Diese Ganglienbahn des Fußes scheint hiernach zu der oben erörterten entsprechenden Vorderhirnganglienbahn der Haube insofern in einem gewissen Gegensatze zu stehen als die letztere sensorische und motorische Rückenmarksbahnen und intracentrale Bahnen aus dem Kleinhirnkern, die erstere aber intracentrale Leitungen aus der Kleinhirnrinde dem Streifenhügel und Linsenkern zuführt. Ob außerdem noch eine intracentrale Bahn zwischen Sehhügel und Linsenkern existirt, ist zweifelhaft; jedenfalls ist dieselbe von verhältnissmäßig geringem Umfang.

Die Großhirnganglien zeigen, wie die Verfolgung der Leitungswege durch dieselben lehrt, ein wesentlich verschiedenes Verhalten. Zunächst treten in dieser Beziehung die Ganglien des Mittelhirns, Vier- und Sehhügel, und die des Vorderhirns, Linsenkern und geschweifter Kern, einander gegenüber. Vier- und Sehhügel besitzen augenscheinlich die Bedeutung von Zwischenstationen der Leitung[1]: peripherisch nehmen sie theils sensorische, theils aber auch motorische Fasern auf und centralwärts stehen sie mit der Großhirnrinde in Verbindung. Ein directer Zusammenhang mit dem Kleinhirn existirt dagegen entweder gar nicht, oder er ist doch sehr unerheblich. Beide Ganglien stehen dann zu einander in dem Verhältniss, dass die Vierhügel vorzugsweise der Endigung von Bahnen dienen, die zu dem Sehacte in Beziehung stehen, während in den Sehhügeln andere sensorische Bahnen endigen. Doch ist dieses Verhältniss kein ausschließendes, da nicht nur Sehfasern auch in

[1] ...geschieht dies in dem vordern, nach FLECHSIG (Systemerkrankungen, S. 46) in dem mittleren, der Mitte des Sehhügels entsprechenden Theil derselben.

die Sehhügel, sondern auch Antheile der Rückenmarksstränge in die Vierhügel eintreten. Bemerkenswerth ist überdies die sehr viel umfänglichere Verbindung des Sehhügels mit der Großhirnrinde.

Näher noch als Vier- und Sehhügel scheinen die Gebilde des Streifenhügels, geschweifter und Linsenkern, functionell zusammenzuhängen. Beide nehmen nur von einer, der peripherischen Seite her Fasern auf, die den verschiedenen Theilen des Hirnschenkels, Schleife, Fuß und Haube, zum größten Theile aber der letzteren angehören. Die meisten dieser Fasern scheinen im gezahnten Kern des Cerebellum, andere in Antheilen der Rückenmarksstränge ihren Ursprung zu haben. Alle diese Fasern treten in das erste Glied des Linsenkerns ein, um theils in dem Linsenkern selbst zu endigen, theils aus ihm in den geschweiften Kern überzutreten und in diesem ihr Ende zu finden (Fig. 58). Als definitive Endigungen von Leitungsbahnen sind demnach die Vorderhirnganglien nicht sowohl den Sehhügeln und Vierhügeln als der Hirnrinde analoge Gebilde [1]. Nur der vorderste Theil, der Kopf des Streifenhügels, bietet ein einigermaßen analoges Verhalten dar wie die Vier- und Sehhügel, insofern er mit seiner Basis aus dem Riechkolben Fasern aufnimmt, centralwärts aber mit der Großhirnrinde in Verbindung steht. Seine grauen Massen, mit denen die an der Basis des Gehirns hervortretende vordere durchbrochene Platte zusammenhängt (*sp* Fig. 32), entsenden nämlich Stabkranzfasern, die aus der Riech- in die Balken- und Hakenwindung übergehen, um in der Rinde des Ammonshorns und der Vogelklaue zu endigen. Die Beziehung dieser Rindentheile zum Geruchsorgan erhellt namentlich auch daraus, dass mit der Entwicklung des Riechkolbens oder Riechlappens diejenige jener Windungen gleichen Schritt hält [2]. Aus dem anatomischen Verhältniss der Riechfasern zu

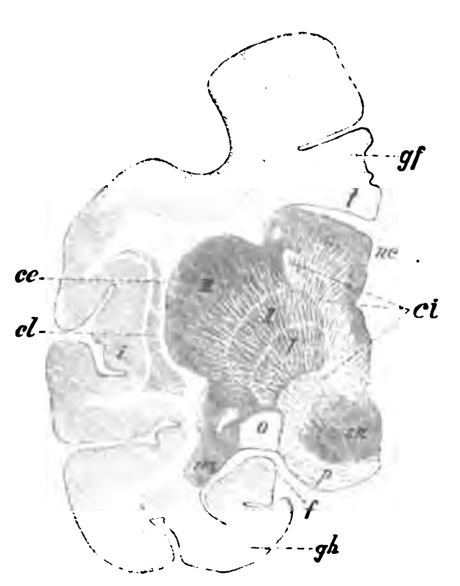


Fig. 58. Frontalschnitt durch ein Affengehirn. Nach WERNICKE. *i* Insel. *cl* Vormauer. *ce* äußere, *ci* innere Kapsel. *gf* Balkenwindung. *gh* Hakenwindung. *t* Balken. *f* Saum (fimbria) der Hakenwindung. *nc* Kopf, nc_1 Schweif des geschweiften Kerns. *I*, *II*, *III* die drei Glieder des Linsenkerns. *o* tractus opticus.

1) WERNICKE a. a. O. I, S. 40 ff.
2) ZUCKERKANDL, Ueber das Riechcentrum. Stuttgart 1887.

den Nervenzellen des Bulbus und Lobus olfactorius sowie der Riechschleimhaut kann man schließen, dass dem Geruchs- analog wie dem Sehorgan (vgl. das Schema Fig. 56) ein centripetales und ein centrifugales System sensorischer Fasern entspricht. Beide scheinen sich in kugelförmigen Körpern, die in den beiden Riechkolben gelegen sind und als Glomeruli olfactorii bezeichnet werden, zu begegnen, so zwar, dass hier eine fibrilläre Zerfaserung einerseits aus den peripherischen Riechzellen hervorkommender centripetal leitender, andererseits aus den Zellen des Riechlappens stammender centrifugal leitender Axenfasern stattfindet[1]). Ein zum Theil dem Verlauf der Riechnerven angehöriges Fasersystem wird durch die vordere Commissur (*ca* Fig. 33) gebildet, in welcher eine Kreuzung centraler Olfactoriusfasern stattfindet. Der größte Theil der Fasern dieser Commissur verläuft jedoch nach hinten und strahlt in die Schläfelappen aus, deren Rindengebiete auf diese Weise wahrscheinlich verbunden werden[2]).

7. Das Associationssystem der Großhirnrinde.

Die Ausstrahlungen des Stabkranzes, welche in der geschilderten Weise theils directe Fortsetzungen der Hirnschenkel darstellen, theils aus den Ganglien des Mittelhirns, den Vier- und Sehhügeln, theils endlich aus dem kleinen Gehirn hervorkommen, werden auf ihrem Wege zur Großhirnrinde überall gekreuzt von Fasermassen, die verschiedene Theile der Großhirnrinde mit einander verbinden. Man pflegt die sämmtlichen Fasern, die im Rückenmark nach oben treten und, durch Zuzüge aus den hinteren Hirnganglien und dem Kleinhirn vermehrt, schließlich in den Stabkranz der Großhirnrinde und in die der letzteren analogen grauen Massen des Streifenhügels ausstrahlen, als das Projectionssystem der Centralorgane zu bezeichnen. Diesem stellt man die Verbindungsfasern zwischen verschiedenen Regionen der Großhirnrinde als das Associationssystem gegenüber[3]) — eine Bezeichnung, bei der übrigens vor jeder Vermengung mit dem psychologischen Begriff der Association und den physiologischen Voraussetzungen, welche die Associationen der Vorstellungen nothwendig machen, auf das nachdrücklichste zu warnen ist.

Wie das Projectionssystem, so zerfällt auch das Associationssystem in verschiedene Abtheilungen, die in diesem Fall theils nach der

---

1) RAMON Y CAJAL, Riv. di Cienc. Med. de Barc. 1891, Nr. 22, 23.

2) J. SANDER, Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1866, S. 750. MEYNERT, STRICKER'S Gewebelehre, S. 723.

3) MEYNERT, STRICKER'S Gewebelehre S. 117. Psychiatrie S. 40.

Richtung der Verbindung, theils nach der Entfernung der verbundenen Rindengebiete sich unterscheiden lassen. Wir erhalten so folgende drei Untersysteme von Associationsfasern:

1. Das System der Quercommissuren. Es wird hauptsächlich durch den Balken oder die große Commissur gebildet, aber in Bezug auf den Schläfelappen durch die vordere Commissur zum Theil ergänzt. (Vgl. S. 137.) Der Balken stellt eine mächtige Querverbindung zwischen symmetrisch gelegenen Rindentheilen beider Hirnhälften dar. Die Balkenfasern durchkreuzen überall die Ausstrahlungen des Stabkranzes, ausgenommen in der Occipitalregion, wo sich beide Strahlungen in gesonderte Bündel scheiden (Fig. 57 *T*, vgl. a. Fig. 37 S. 75 u. 38 S. 76). Die Verbindung, welche der Balken zwischen symmetrischen Rindentheilen herstellt, findet, wie schon die bedeutende Zunahme des Balkenquerschnitts von vorn nach hinten vermuthen lässt, am reichlichsten zwischen den Rindenpartien der Occipitalregion statt, daher auch mangelhafte Entwicklung des Balkens, wie sie bei Mikrocephalen beobachtet wird, vorzugsweise von Verkümmerung der Hinterhauptslappen begleitet ist[1]).

2. Das System der longitudinalen Verbindungsfasern. Dasselbe schlägt eine dem vorigen System entgegengesetzte Richtung ein, indem durch seine Fasern von einander entfernte Rindenregionen der gleichen Hirnhälfte verbunden werden. Die Zerfaserung des Gehirns weist mehrere compactere Bündel dieser Art nach, die namentlich theils den Stirn- mit dem Schläfelappen, theils die Hinterhauptsspitze mit der Schläfe verbinden.

3. Das System der Windungsfasern[2]). Sie verbinden unmittelbar benachbarte Rindengebiete mit einander, indem sie sich namentlich um die durch die Gehirnfurchen gebildeten Markeinsenkungen herumschlingen (vgl. S. 76 Fig. 38 *fa*).

Abgesehen von der allgemeinen Erwägung, dass die Associationsfasern dazu bestimmt sein werden, verschiedene Rindengebiete zu gemeinsamer Function zu verbinden, ist die specielle Bedeutung der einzelnen Theile des Associationssystems noch unbekannt. Wahrscheinlich können im Associationssystem ebenso wie in allen wahren Commissurenfasern in den niedrigeren Centraltheilen die Leitungen in doppelsinniger Richtung stattfinden, im Unterschiede von den durchgängig einseitig leitenden Fasern des Projectionssystems. Da die Nervenfasern selbst indifferente Leiter der Erregungsvorgänge sind, so muss man übrigens annehmen, dass dieser Unterschied lediglich in dem Verhältniss der Fasern

1) J. Sander, Arch. f. Psychiatrie I, S. 299. Bischoff, Abh. der bayer. Akad. 1873. S. 171.

2) Fibrae arcuatae Arnold, Fibrae propriae Gratiolet.

zu den Nervenzellen seinen Grund hat. In der That scheinen dem die anatomischen Verhältnisse zu entsprechen, da die Projectionsfasern wahrscheinlich überall einerseits aus einem Axenfaden hervorgehen, anderseits in einem Fibrillennetz, das Zellen umspinnt, endigen, während die Associationsfasern nur zwischen solchen Fibrillennetzen zu verlaufen scheinen. (Vgl. Cap. II S. 38 f.)

Der Name Projectionssystem gilt lediglich als Ausdruck der Thatsache, dass durch dieses Fasersystem eine mehr oder weniger durch Internodien von Gangliensubstanz unterbrochene Vertretung der gesammten Körperperipherie, insbesondere der Sinnes- und Bewegungsorgane, also eine Art Projection der letzteren auf der Großhirnrinde stattfinde. Dabei bleibt aber völlig dahingestellt, ob diese Vertretung irgendwie der peripherischen Vertheilung der sensibeln und motorischen Nervenfasern gleicht oder nicht. Im allgemeinen wird sogar von vornherein vorauszusetzen sein, dass beide in hohem Grade von einander abweichen. Dafür sprechen, abgesehen von den später zu erörternden physiologischen Erwägungen, schon zwei anatomische Thatsachen, welche den Gedanken, dass die Großhirnrinde lediglich ein etwas modificirtes Ebenbild der Körperperipherie sei, durchaus fernhalten lassen. Die eine besteht in der zuerst von Meynert eindringlich betonten Mehrheit der Vertretungen in der Großhirnrinde, wonach jede peripherische Nervenbahn nicht bloß an einer, sondern an mehreren Stellen ihr letztes Ende findet. Die zweite besteht in der mit dieser nahe zusammenhängenden vielseitigen Verbindung der Rindenregionen mit untergeordneten Centren, in denen bereits verschiedenartige Leitungswege zusammenfließen. (Siehe unten Nr. 9.) Alles dies weist darauf hin, dass in der Großhirnrinde verwickelte Zusammenfassungen der peripherischen Organfunctionen stattfinden, welche es verbieten, irgend eine einzelne Rindenstelle mit irgend einer einzelnen Stelle der Körperperipherie in ausschließliche Verbindung zu bringen. Aehnlich wie mit dem Projections- verhält es sich mit dem Associationssystem. Am allerwenigsten darf man bei diesem Namen etwa mit Meynert an die psychologische Association der Vorstellungen denken. Wollte man die letztere irgendwie mit den Associationsfasern in Zusammenhang bringen, so wäre dies nicht nur hypothetisch, sondern im äußersten Grade unwahrscheinlich. Auch hier also soll der Ausdruck einen rein anatomischen Sinn haben: die Associationsfasern sind Verbindungsfasern verschiedener Hirnrindentheile. Ueber ihre muthmaßliche physiologische Bedeutung kann selbstverständlich nur die physiologische Beobachtung Aufschluss geben. Wir werden auf die hier sich ergebenden Gesichtspunkte in Cap. V zurückkommen. Von der oben aufgestellten allgemeinen Begriffsbestimmung aus rechnen wir übrigens die Balkenstrahlung mit zu dem Associationssystem, obgleich sie von Meynert von demselben geschieden wird. Ebenso haben wir bereits früher Verbindungszüge zwischen den verschiedenen Rindengebieten des Kleinhirns kennen gelernt, welche in dem hier festgehaltenen Sinne dem Associationssystem zugetheilt werden müssen.

8. Allgemeine Uebersicht der centralen Leitungsbahnen.

Ein Rückblick auf den Inhalt der vorstehenden Erörterungen gibt uns von dem Verlauf der Leitungswege in den Nervencentren im wesentlichen folgendes Bild. Die in den Nervenwurzeln von einander isolirten sensorischen und motorischen Fasern trennen sich bei dem Eintritt in die graue Substanz des Rückenmarks alsbald in mehrere zum Theil in gegenseitiger Verbindung stehende Bahnen. Die Hauptbahn sowohl für die sensorische wie für die motorische Leitung führt unmittelbar aus dem Zellennetz der grauen Substanz in die weißen Markstränge zurück, von wo sie theils gleichseitig, theils gekreuzt nach oben geht, vorzugsweise gleichseitig die motorische, vorzugsweise gekreuzt die sensorische Hauptbahn. Außerdem eröffnen sich zweierlei Nebenbahnen: eine erste verbindet die sensorische mit der motorischen Leitung, sie dient den Reflexen; eine zweite führt innerhalb der grauen Substanz weiter, sie wird namentlich bei stärkeren Erregungen in Mitleidenschaft gezogen und verursacht auf diese Weise innerhalb der sensorischen Leitung Schmerzempfindungen und in Folge der Ausbreitung der Erregung Mitempfindungen, innerhalb der motorischen Leitung Mitbewegungen. Außerdem vermittelt die Leitung durch die graue Substanz, wenn die Hauptbahn unterbrochen wird, die allmähliche Ausgleichung der Störung durch stellvertretende Function. Von diesen Bahnen vollendet diejenige Zweigleitung, welche die sensorische mit der motorischen Hauptbahn verbindet, großentheils bereits im Rückenmark ihren Weg. Alle andern Bahnen steigen zum Gehirn empor, die Hauptbahnen direct, die Nebenbahnen auf den mannigfachen Umwegen durch die graue Substanz. Diesen weiteren Verlauf veranschaulicht das Schema der Fig. 59, mit welchem, namentlich mit Rücksicht auf die Kreuzungsverhältnisse, Fig. 51 (S. 121) zu vergleichen ist.

Die motorische Bahn zerfällt zunächst in zwei Hauptabtheilungen. Die erste geht direct zur Großhirnrinde, die Pyramidenbahn (p_1, p_2, p), der größere Seitenstrangantheil (p_2) nach erfolgter Kreuzung (k_1 Fig. 51), der kleinere Vorderstrangantheil (p_1) ungekreuzt. Die zweite Hauptabtheilung wird durch die grauen Massen der Brücke nach den Hirnganglien, Vier-, Seh- und Streifenhügel, abgezweigt (v v'). Höher oben wird diese Zweigbahn namentlich durch die dem vorderen Vierhügelpaar zustrebenden Wurzelfasern der Augenmuskelnerven ergänzt (s m). Daran schließt sich wahrscheinlich noch eine dritte, die nach dem Kleinhirn sich abzweigt.

Die sensorische Bahn zerfällt ebenfalls in zwei Hauptabtheilungen. Die erste stammt aus den Hintersträngen (zarten und keilförmigen Strängen g, c). Ein kleiner Theil derselben ist der aus den GOLL'schen Strängen entspringende sensorische Antheil der Pyramidenbahn, der in der hinteren Centralwindung und ihrer Nachbarschaft endet (g_1). Der größere Theil wird innerhalb der Brücke zunächst nach den Vier- und Sehhügeln abgezweigt (s' V, s' Th), von denen aus dann weitere Leitungsbahnen nach der Großhirnrinde führen. Wahrscheinlich gehören die hinteren Rindenregionen dieser indirecten Fortsetzung der sensorischen Hinterstrangreste an. Dieselbe ergänzt sich übrigens in ihrem Verlauf nach den Vierhügeln durch Wurzelfasern aus den höheren Sinnesnerven: insbesondere der Sehnerv ist

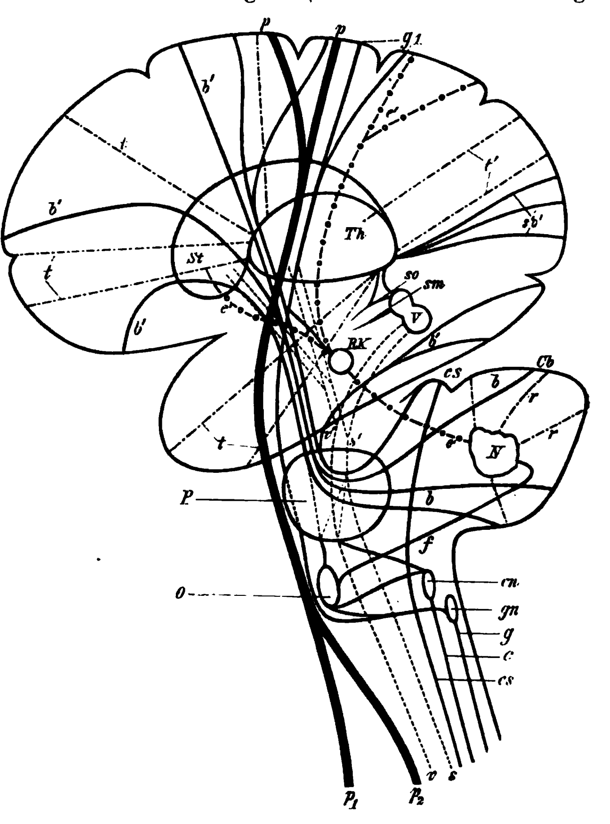


Fig. 59. Schema der Leitungsbahnen in Brücke, Kleinhirn und Großhirn. *O* Olive. *P* Brücke. *Cb* Kleinhirn. *V* Vierhügel. *Th* Sehhügel. *St* Streifenhügel. *RK* Rother Kern der Haube. *gn* Kerne der GOLL'schen Stränge. *cn* Kerne der keilförmigen Stränge. p_1 Pyramidenvorderstrang (ungekreuzt). p_2 Pyramidenseitenstrang (gekreuzt). *vv'* Bahn der Vorderstrangreste. *ss'* Bahn der Seitenstrangreste. *g* GOLL'sche Stränge. *c* keilförmige Stränge. *cs* directe Kleinhirn-Seitenstrangbahn. *f* Leitung von den Oliven zum Kleinhirnkern (gekreuzt). *r* Leitung vom Kleinhirnkern zur Kleinhirnrinde. *bb'* Bahn der Brückenarme. *e'* Bahn der Bindearme. *sm* motorische Sehleitung. *so* sensorische Sehleitung. *s'o'* centrale Sehstrahlung. *t* Leitung vom Thalamus zum Vorder- und Schläfenhirn. *t'* Leitung vom Thalamus zum Occipitalhirn. *p* Endigung des motorischen Theil der Pyramidenbahn. g_1 sensorischer Antheil der Pyramidenbahn.

auf diese Weise dem vorderen Vierhügelpaar und dem Sehhügel zugeordnet (so). Die anatomischen Verhältnisse der centralen und peripherischen Endigungsformen gewisser Sinnesnervenfasern machen es wahrscheinlich, dass

diese die Sinnesorgane mit der Hirnrinde verbindende Bahn wieder in eine centripetale und in eine centrifugale Leitung zerfällt; doch bleibt es noch dahingestellt, ob die in dieser Beziehung speciell bei den Seh-, Hör- und Riechnervenendigungen aufgefundenen Verhältnisse (Fig. 56) eine allgemeingültige Bedeutung besitzen. Ein weiterer, in seinem Verlaufe der ersten Abtheilung sich anschließender Zweig der sensorischen Bahn führt endlich Fasern der Hinter- und Seitenstränge nach Unterbrechung in den grauen Massen der Brücke zu den vordersten Hirnganglien, dem geschweiften und Linsenkern (*s s' St*). Die zweite Hauptabtheilung der sensorischen Bahn wird ausschließlich gebildet durch die directe Kleinhirn-Seitenstrangbahn, welche sensorische Fasern der Seitenstränge mit der Kleinhirnrinde verbindet (*c s*).

Zu diesen mehr oder weniger directen Fortsetzungen der Rückenmarksbahnen kommt nun eine Reihe intracentraler Bahnen, denen, weil sie durchgängig sensorische mit motorischen Ursprungsorten verbinden, von vorn herein ein gemischter oder complexer functioneller Charakter zugeschrieben werden muss. Hierher gehören zunächst die Kleinhirnbahnen, deren wir folgende drei unterscheiden können:

1. Die Oliven-Kleinhirnbahn (*f*). Es ist ungewiss, inwieweit ihr zugleich die Bedeutung einer Fortsetzung der Hinterstrangbahn (wegen der angenommenen Verbindung mit den Kernen der Goll'schen Stränge *g n*) zugeschrieben werden muss. Jedenfalls verbindet sie wegen des gleichzeitigen Zusammenhangs der Oliven mit den Brückenfasern die Kleinhirnkerne in gekreuzter Richtung mit Leitungsbahnen aus den Oliven zu den Hirnganglien und zur Großhirnrinde.

2. Die Kleinhirn-Großhirnbahn. Sie verbindet den Kleinhirnkern vermittelst des Ganglions der Haube (*R K*) in gekreuzter Richtung mit dem Streifenhügel und mit bestimmten, nach hinten von der Ausbreitung der Pyramidenfasern gelegenen Regionen der Großhirnrinde (*e'*).

3. Die Kleinhirn-Brückenbahn. Sie verbindet die Rinde des kleinen Gehirns, in der Brücke Internodien grauer Substanz durchsetzend, in gekreuzter Richtung mit allen Theilen der Großhirnrinde, namentlich mit der Stirn- und Occipitalregion (*b b'*).

Hiernach steht das Kleinhirn in höchst umfangreichen peripherischen und namentlich centralen Verbindungen. Peripherisch nimmt es sensorische, höchst wahrscheinlich aber auch motorische Fasern auf. Centralwärts erstrecken sich seine Verbindungen auf die sämmtlichen Hirnganglien und auf den größten Theil der Großhirnrinde.

Eine zweite, an Masse gegen die vorige zurücktretende Abtheilung der intracentralen Bahnen wird gebildet durch die Verbindungsbahnen zwischen den Hirnganglien. Sie bestehen in Verbindungen des

hinteren mit dem vorderen Vierhügelpaar und beider mit dem Sehhügel, in Verbindungen des Sehhügels mit dem Streifenhügel und wieder der verschiedenen Theile des letzteren unter einander.

Eine dritte Abtheilung besteht endlich aus den Verbindungen zwischen den Vier- und Sehhügeln und der Großhirnrinde. Die vom inneren Kniehöcker aus zur Großhirnrinde tretenden Fasern (*s' o'*) sind wohl indirecte Fortsetzungen der peripherisch zugeleiteten, an der Function des Sehens betheiligten Nervenfasern (Opticus- und Augenmuskelnervenfasern *so*, *sm*). Auch von einem Theil der aus dem Sehhügel zur Großhirnrinde verlaufenden Fasern mag dies gelten, namentlich von denjenigen, die sich zum Vorzwickel begeben (*t'*). Andere dieser Fasern sind vermuthlich als indirecte Fortsetzungen der Bahn der Tastnerven anzusehen. Doch ist es zweifelhaft, ob dies von allen die Sehhügel mit der Großhirnrinde verbindenden sehr umfangreichen Theilen des Stabkranzes (*t*) gilt. In auffallendem Gegensatze zum Sehhügel steht in dieser Beziehung der Streifenhügel, der in seinem größten Theil graue Massen enthält, welche letzte Endstationen der von unten herantretenden Leitungsbahnen bilden.

Zu allen diesen fortschreitend von unten nach oben an Umfang zunehmenden Bahnen des Projectionssystems kommen schließlich noch die ebenfalls intracentralen Bahnen des Associationssystems, welche schon im Kleinhirn, in noch umfänglicherer Weise aber im Großhirn theils benachbarte, theils entferntere, insbesondere aber auch symmetrisch gelagerte Rindengebiete beider Hirnhälften mit einander verbinden.

9. Leitungsbahnen zur Großhirnrinde.

Der Verlauf der theils direct aus den Hirnschenkeln, theils aus dem Kleinhirn und den Hirnganglien der Großhirnrinde zustrebenden Fasersysteme, der bis dahin, soweit die anatomische Untersuchung und der physiologische Versuch es gestatten, verfolgt wurde, gibt uns über die letzte Vertheilung der centralen Fasersysteme nur unvollkommene Aufschlüsse. In Folge der bis jetzt unentwirrbaren Faserverflechtungen gestatten die gewonnenen Ergebnisse namentlich keine zureichende Feststellung der Beziehungen, in welchen die einzelnen Gebiete der Großhirnrinde zu den tiefer gelegenen Nervencentren sowie zu den peripherischen Körpertheilen stehen. Zwei Wege bleiben uns noch übrig, die gebliebenen Lücken so weit als möglich zu ergänzen: die anatomische Erforschung der Großhirnrinde und die directe functionelle Prüfung derselben an der Hand des physiologischen Versuchs und der pathologischen Beobachtung.

Fig. 60. Querschnitt durch die Rinde des Frontalhirns vom Menschen, 100fach vergr., nach Meynert. *1* Aeußere Neurogliaschicht. *2* Schichte der kleinen pyramidalen Rindenzellen. *3* Schichte der großen Pyramidenzellen. *4* Schichte der unregelmäßigen Rindenkörper (großentheils aus lymphkörperähnlichen Gebilden bestehend). *5* Schichte der spindelförmigen Zellen. *m* Markleiste (Grenzschichte gegen den Markkern.)

Die Structurverhältnisse der Großhirnrinde geben uns in dieser Beziehung nur sehr allgemeine Andeutungen[1]). Die graue Substanz der Rinde enthält als vorwiegenden Bestandtheil mehrere Lagen von Nervenzellen, welche sowohl gegen den Markkern wie gegen die Oberfläche in Faserausläufer übergehen und in eine Grundsubstanz eingebettet sind, die gegen die Rindenoberfläche mehr und mehr dem Bindegewebe verwandt wird, bis sie an der Oberfläche selbst in die bindegewebige Gefäßhaut übergeht. In der oberflächlichen Schichte dieser Grundsubstanz (*1* Fig. 60) sind nur spärliche und unregelmäßig gestaltete Nervenkörper mit vielen Protoplasmafortsätzen zu finden. Weiter nach innen werden die Zellen zahlreicher und nehmen eine regelmäßigere pyramidale Form an (2). Je weiter man nach innen geht, um so mehr wächst die Größe der pyramidalen Zellen, während zugleich ihre Zahl abnimmt.

1) Vergl. besonders Meynert, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie I. S. 97, 198, II, S. 88. Henle, System. Anatomie III, S. 268. Golgi, Arch. ital. de biologie III, IV, p. 92. Eine Uebersicht der neueren Ergebnisse gibt Edinger, Zwölf Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. 3. Aufl. 1892. S. 35 ff.

Die größeren Pyramiden besitzen eine fast constante Form (3—4). Jede ist mit ihrer Basis nach innen gegen das Mark, mit ihrer Spitze nach außen gegen die Oberfläche gerichtet; ihr breitester Fortsatz geht von der Spitze der Pyramide ab und ist nach außen, ein schmälerer von der Mitte der Basis nach innen gekehrt. Außerdem entsendet jede Zelle einige seitliche Fortsätze, die gewöhnlich näher der Basis als der Spitze gelegen sind. Der mittlere Basalfortsatz, der ungetheilt bleibt und in der Mitte der Zelle zu entspringen scheint, besitzt den Charakter eines Axenfortsatzes und geht unmittelbar in eine Nervenfaser über. Alle anderen Fortsätze verästeln sich und lösen sich in das Terminalnetz der interstitiellen Punktsubstanz auf. Zwischen den Pyramiden sind aber noch kleinere rundliche Nervenzellen ohne Axenfortsätze in die Grundsubstanz eingestreut. Nach innen hören die Pyramidenzellen plötzlich auf. Es folgen nun auf sie wieder kleinere, unregelmäßig geformte Nervenzellen (4), die sich allmählich mit ihrem längsten Durchmesser vorwiegend der Quere nach stellen und zum Theil eine spindelförmige Gestalt besitzen (5). Zwischen ihnen laufen Nervenfaserbündel, die sich augenscheinlich theils aus den Fortsätzen der Pyramidenzellen, theils aus der Punktsubstanz gesammelt haben, nach innen[1]). Diese Nervenfasern sowie die feinen aus der Verzweigung der Protoplasmafortsätze hervorgegangenen Fibrillen bilden ein unübersehbares Fasergewirr, von dem in Fig. 60 nur der unmittelbar mit den Zellen in Verbindung stehende Theil zur Darstellung gebracht ist. Nicht in allen Theilen der Rinde sind übrigens die verschiedenen Zellenformen gleichförmig verbreitet. Die pyramidalen sind am zahlreichsten an der freien Oberfläche der Windungen, sie verschwinden fast ganz in der Tiefe der Furchen, wo dagegen die kleineren quer gestellten Zellen der inneren Lage an Zahl zunehmen. Entsprechend sieht man die Stabkranzbündel nur in die nach außen convexen Theile der Wülste eintreten, während in den dazwischen liegenden Furchen unmittelbar unter der Rinde jene Bogenfasern liegen, die von einer Windung zur andern ziehen. Auch in den verschiedenen Provinzen der Hirnoberfläche ist die Structur der Rinde keine ganz gleichförmige. Namentlich abweichend verhalten sich die Randwülste der medialen Fläche des Hinterlappens und die Centralwindungen sowie der Ueberzug der Hakenwindung und des Ammonshorns. An der ersteren Stelle sind nur spärliche Pyramidenzellen zu finden, während die Formation der kleineren unregelmäßigen Zellen über-

[1]) Die Vormauer (Claustrum), welche von den älteren Anatomen zu den Ganglienkernen des Gehirns gerechnet wurde, weil sie sich äußerlich dem Linsenkern anschließt, ist nach Meynert bloß eine ungewöhnlich starke Anhäufung dieser inneren Zellenlage, die er ebendeshalb als Vormauerformation bezeichnet. Ebenso verhält es sich mit dem nach unten von der Vormauer nahe bei der Rinde der Hakenwindung gelegenen Mandelkern (Amygdala). (Meynert a. a. O. S. 710.)

wiegt. Umgekehrt erreichen in der Rinde der Centralwindungen, namentlich der vorderen, einzelne Pyramidenzellen eine ungewöhnliche Größe; ebensolche sogenannte Riesenpyramiden sind bei Thieren an der Stelle der motorischen Felder nachgewiesen[1]. Auch die Hakenwindung und das Ammonshorn enthalten große Pyramidalzellen, die hier in mehrfacher Lage gehäuft sind[2].

Die Beschaffenheit der großen Pyramidalzellen und besonders der directe Uebergang ihrer Axenfäden in Stabkranzfasern legt die Annahme nahe, dass sie, analog den großen Zellen in den Vorderhörnern des Rückenmarks, Ausgangspunkte centrifugaler Leitungsbahnen des Stabkranzes sind, während die kleineren Nervenzellen, die ausschließlich durch ihre Fortsätze mit dem Fibrillennetz der intercellulären Substanz in Verbindung stehen, wahrscheinlich theils Endgebilde centripetaler Bahnen, theils Schaltorgane darstellen, die den Zusammenhang zwischen den vorgenannten Elementen, sowie die Verbindung der verschiedenen Rindengebiete unter einander vermitteln. Letzteres gilt namentlich von den quer gestellten Zellen der inneren Schichte, welche sowohl durch die Richtung ihrer Fortsätze wie durch ihr Vorkommen in der Tiefe der Randwülste auf eine Beziehung zu den Bogenfasern hinweisen. Da nun aber die angegebenen Verschiedenheiten der centralen Elemente überall sich vorfinden, so ergibt sich hieraus der durch mannigfache früher erwähnte Thatsachen[3] nahe gelegte Schluss, dass wahrscheinlich jeder Provinz der Hirnrinde Leitungsbahnen verschiedener Richtung, insbesondere einer centripetalen und centrifugalen, angehören. Zu weiteren physiologischen Folgerungen reicht jedoch unsere heutige Kenntniss der Structurverhältnisse dieses verwickelten Organes nicht aus; insbesondere also bleibt auch die Bedeutung der vorhin erwähnten Structurunterschiede vorläufig dahingestellt. Dagegen nöthigen wohl die Beziehungen der einzelnen Rindengebiete zu den einzelnen Theilen des Stabkranzes zu dem Schlusse, dass im allgemeinen die den verschiedenen Organen der Körperperipherie zugeordneten Leitungsbahnen auch in verschiedenen Regionen der Großhirnrinde ihr centrales Ende finden. Gleichwohl verbieten es schon die anatomischen Thatsachen der Anschauung Raum zu geben, dass die Großhirnoberfläche lediglich ein Spiegelbild der Körperperipherie sei, durch welches etwa dem Bewusstsein einerseits eine unmittelbare Kunde von den äußeren Sinneseindrücken übermittelt, anderseits eine Beherrschung der einzelnen Bewegungsorgane ermöglicht werde. Namentlich drei Thatsachen widersprechen dieser einfachsten Anschauung, die man sich von

1) Betz, Centralblatt für die med. Wissensch. 1874, S. 578, 595.
2) Die Schichte der Pyramidalzellen bezeichnet darum Meynert allgemein als Ammonshornformation (S. 707, 711).
3) Vgl. S. 38 f., 130, 139.

dem Verhältniss der Großhirnrinde zum Gesammtkörper bilden könnte. Erstens durchsetzen alle centralen Leitungsbahnen, bevor sie zur Großhirnrinde gelangen, vom Rückenmark an eine größere oder geringere Zahl untergeordneter Centren, die zugleich Projectionsfasern anderer Körperorgane, insbesondere gleichzeitig sensorische und motorische aufnehmen: jede Hirnprovinz, in welcher Stabkranzbündel jener untergeordneten Centren endigen, repräsentirt also nicht *ein* Gebiet der Körperperipherie, sondern sie wird in irgend einer Weise die verschiedenen Gebiete, mit denen sie verbunden ist, zu einer complexen functionellen Einheit zusammenfassen. Zweitens macht es die Verfolgung der Leitungsbahnen höchst wahrscheinlich, dass jede Stelle der Körperperipherie gleichzeitig mit *verschiedenen* Stellen der Großhirnrinde durch Projectionsfasern in Verbindung steht. So sahen wir z. B., dass ein Theil der motorischen Leitungsbahn, die Pyramidenbahn, direct aus den Vorder- und Seitenhörnern des Rückenmarks zur Großhirnrinde emporsteigt, dass aber andere Theile derselben in die Hirnhügel, noch andere in das Cerebellum eintreten, Centren, die ihrerseits wieder theils direct, theils indirect in der Hirnrinde vertreten sind. Drittens endlich werden durch die Fasermassen des Associationssystems entferntere und benachbarte Gebiete der Großhirnrinde mit einander in Verbindung gesetzt. Wir haben daher allen Grund anzunehmen, dass die einem bestimmten Rindengebiet zugeleiteten oder in ihm entstehenden Erregungsvorgänge nicht auf dasselbe beschränkt bleiben, sondern in mehr oder minder großem Umfang andere Gebiete in Mitleidenschaft ziehen werden. So führen uns schon die Structurverhältnisse der Großhirnrinde zu der Vorstellung, dass dieselbe nicht sowohl ein Spiegelbild der peripherischen Organe ist, welches das hier getrennte wieder scheidet, sondern dass sie vielmehr ein *wahres Centralorgan* darstellt, das die äußerlich getrennten Organe zuerst zu beschränkteren, dann zu umfassenderen functionellen Einheiten verknüpft, um endlich auch diese in einer alle animalischen Functionen verbindenden Einheit zu vereinigen.

Noch in einer anderen Beziehung scheint die Structur des Centralorgans dieser Vorstellung vor der des mehr oder minder unveränderten Spiegelbilds den Vorzug zu geben. Wäre die letztere richtig, so würden wir kaum umhin können, in den verschiedenen Regionen der Großhirnrinde Structurunterschiede zu erwarten, die den functionellen Unterschieden der peripherischen Organe einigermaßen äquivalent wären. Dem ist aber nicht so. Die Unterschiede in der Form und Anordnung der centralen Elemente sind so unerheblich, dass sie auch eine verhältnissmäßige Gleichartigkeit der centralen Processe vermuthen lassen. Damit sind functionelle Unterschiede der einzelnen Hirnregionen keineswegs ausgeschlossen. Aber es werden dieselben mit höchster Wahrscheinlichkeit *nicht in specifische*

functionelle Differenzen der Hirnelemente, sondern lediglich in die verschiedene Verknüpfungsweise der letzteren unter einander und mit den peripherischen Organen verlegt werden dürfen[1]).

Machen die hier entwickelten Anschauungen eine strenge, vollkommen der Sonderung der äußeren Körpertheile entsprechende functionelle Scheidung der einzelnen Regionen der Hirnrinde unmöglich, so lassen sie dagegen ebenso wenig erwarten, dass für alle Regionen die functionellen Verknüpfungen vollkommen gleichartige seien. In diesem Sinne ist in der That eine gewisse Localisation der Functionen schon vom anatomischen Standpunkte aus geboten, und die entgegengesetzte Annahme einer völligen Gleichartigkeit des Centralorgans würde mit den über den Verlauf der verschiedenen Leitungsbahnen gesammelten Thatsachen unvereinbar sein. Aber man darf nicht vergessen, dass es sich hierbei um eine Localisation der centralen, nicht der peripherischen Functionen handelt, und dass wegen der allseitigen Verknüpfung der centralen Leitungsbahnen von vornherein eine absolute örtliche Beschränkung der Leistungen nicht zu erwarten ist.

Ueber die nähere Beschaffenheit dieser Localisation gibt uns nun die functionelle Untersuchung der verschiedenen Rindengebiete einige Aufschlüsse. Hierbei können wir zunächst von der Frage nach der specifischen Natur der centralen Functionen noch ganz Umgang nehmen, indem wir uns darauf beschränken, lediglich aus den beobachteten Erscheinungen auf die Endigungen bestimmter, den einzelnen peripherischen Körperorganen entsprechender Leitungsbahnen Rückschlüsse zu machen. Die functionelle Untersuchung selbst kann wieder zwei Wege einschlagen: den des physiologischen Versuchs an Thieren und den der pathologischen Beobachtung am Menschen. Die durch den ersteren gewonnenen Ergebnisse lassen sich natürlich nur insoweit, als sie die allgemeine Frage der Vertretung der Körperorgane in der Großhirnrinde beantworten, direct auf den Menschen übertragen; über die locale Endigung der einzelnen Leitungsbahnen im menschlichen Gehirn können nur pathologische Beobachtungen einen gewissen Aufschluss geben. Die letzteren sind außerdem dadurch von höherem Werthe, dass bei ihnen das Verhalten der Empfindung einer sichereren Prüfung zugänglich ist; sie führen dagegen

[1]) Wie sehr diese schon in der 1. Aufl. des vorliegenden Werkes ausgesprochene Anschauung durch die seitdem entdeckten morphologischen Beziehungen der centralen Elemente bestätigt worden ist, brauche ich kaum hervorzuheben. Vergl. übrigens hierzu noch die Erörterungen über den Einfluss der peripherischen Sinnesorgane auf die Qualität der Sinnesempfindungen in Cap. VII.

den Nachtheil mit sich, dass wegen der Seltenheit umschriebener Läsionen der Rinde und des Hirnmantels die Erfahrungen nur langsam gesammelt werden können.

Die Versuche an Thieren zerfallen in zwei Classen: in Reizversuche und in Ausfallsversuche, wobei wir unter den letzteren alle diejenigen Experimente verstehen, bei denen es darauf abgesehen ist, die Function irgend eines Rindengebietes vorübergehend oder dauernd aufzuheben. Bei den Reizversuchen kommen als Reizsymptome irgend welche Bewegungserscheinungen (Muskelzuckungen oder dauernde Contractionen zur Beobachtung; den Ausfallsversuchen folgen Ausfallssymptome, welche in der Form aufgehobener oder gestörter Bewegung und Empfindung sich darstellen. Zur Feststellung der Endigungen motorischer Leitungsbahnen kann man sich beider Versuchsweisen bedienen, während für die sensorischen Gebiete vorzugsweise die Ausfallsversuche gewählt werden müssen. Da nun aber in zahlreichen Theilen der Großhirnrinde intracentrale Bahnen aus dem Kleinhirn und den Hirnganglien endigen, welche erst nach sehr verwickelten Umwegen mit motorischen oder sensorischen Leitungsbahnen oder mit beiden in Verbindung stehen, so wird von vorn herein zu erwarten sein, dass nicht jede experimentelle oder pathologische Veränderung an einer begrenzten Stelle von merkbaren Symptomen gefolgt ist, und selbst wenn solche eintreten, werden im allgemeinen nicht einfache Reizungs- und Lähmungserscheinungen, wie sie etwa bei der Erregung und Durchschneidung peripherischer Nerven entstehen, zur Beobachtung kommen. In der That bestätigt sich dies durchaus in den Beobachtungen. An vielen Punkten verlaufen die Eingriffe symptomlos; wo Erscheinungen eintreten, da besitzen die Muskelerregungen häufig den Charakter zusammengesetzter Bewegungen, die Ausfallssymptome aber manifestiren sich in der Regel als bloße Störungen der Bewegung oder als unvollkommene sinnliche Wahrnehmungen, selten und immer nur bei ausgedehnteren Läsionen als vollständige Aufhebungen derselben. Demgemäß wollen wir hier, um diese Vieldeutigkeit der experimentellen Erfolge an der Großhirnrinde schon im Ausdruck anzudeuten, als centromotorische Rindenstellen lediglich solche bezeichnen, deren Reizung Bewegungen bestimmter Muskeln oder Muskelgruppen, und deren Ausrottung eine Störung dieser Bewegungen herbeiführt; centrosensorische Stellen sollen dagegen diejenigen genannt werden, deren Entfernung zweifellose Ausfallssymptome sensorischer Art im Gefolge hat[1]).

[1] Ich vermeide hier die einfachen Bezeichnungen motorisch und sensorisch deshalb, damit von vornherein der wesentliche Unterschied, der hier gegenüber den Verhältnissen der Leitung in den peripherischen Nerven obwaltet, angedeutet werde; die mehrfach gebrauchten Ausdrücke psychomotorisch und psychosensorisch

Mit diesen Ausdrücken sollen aber vorläufig weder Voraussetzungen über die Bedeutung jener Reizungs- und Ausfallserscheinungen, noch solche über die Function der betreffenden Rindengebiete verbunden werden. Für die Beantwortung der hier allein zu erörternden Frage nach der Endigung der verschiedenen Leitungsbahnen in der Großhirnrinde kommt es ja zunächst nur darauf an, mit welchen peripherischen Körperorganen die einzelnen Regionen der Rinde in einer functionellen Beziehung stehen, da im allgemeinen vorauszusetzen ist, dass diese durch irgend welche Nervenleitung vermittelt werde. Wie aber derartige functionelle Beziehungen zu denken seien, und in welcher Weise dabei die verschiedenen Rindengebiete theils wechselseitig, theils mit den niedrigeren Centraltheilen zusammenwirken, dies bleibt hier völlig außer Betracht. Als ein Gesichtspunkt, der auch für die Beurtheilung der Leitungsverhältnisse bedeutsam ist, mag jedoch schon hier hervorgehoben werden, dass mit Rücksicht auf die in den Centraltheilen vorliegenden verwickelten Verhältnisse von vornherein die Existenz mehrerer centromotorischer Gebiete für eine und dieselbe Bewegung und mehrerer centrosensorischer für ein und dasselbe Sinnesorgan möglich, und dass die Existenz von Rindengebieten, die centromotorische und centrosensorische Functionen in sich vereinigen, keineswegs ausgeschlossen ist. Die Nachweisung von Reizungs- und Ausfallserscheinungen kann also immer nur andeuten, dass die betreffende Stelle der Rinde mit den Leitungsbahnen der entsprechenden Muskel- oder Sinnesgebiete in irgend einer Verbindung steht, über die Art dieser Verbindung werden aber nur auf Grund einer umfassenden Untersuchung der Gesammtheit centraler Functionen Vermuthungen möglich sein. Die hierauf bezüglichen Fragen sollen darum erst im nächsten Capitel erörtert werden.

Gegenüber den in dem verschlungenen Verlauf der Leitungswege und den ungemein complexen Verhältnissen der centralen Functionen begründeten Schwierigkeiten der Beurtheilung fällt nun um so mehr die verhältnissmäßige Mangelhaftigkeit und Rohheit aller, auch der sorgfältigsten experimentellen Methoden ins Gewicht. Bei den Reizungsversuchen ist es niemals möglich, den Reiz local so zu beschränken, wie es für die Ermittelung der Leitungsbeziehungen distincter Rindengebiete wünschenswerth wäre. Dazu kommen die früher berührten eigenthümlichen Erregbarkeitsverhältnisse der centralen Substanz, welche hier negative Erfolge

scheinen mir ungeeignet, weil sie an eine Betheiligung des Bewusstseins oder der seelischen Functionen denken lassen, welche mindestens hypothetisch ist. Insbesondere kommt hier in Betracht, dass auch manche nicht in der Hirnrinde gelegene Centraltheile, wie z. B. die Hirnganglien, ebenfalls in einem gewissen Grade jene Eigenschaften besitzen, die wir in dem oben definirten Sinne als centromotorische und centrosensorische bezeichnen.

beinahe zu Schlüssen unverwerthbar machen. Aus diesem Grunde hat man in der That mehr und mehr, und gewiss mit Recht, den Ausfallsversuchen einen überwiegenden Werth beizumessen begonnen und die Reizmethode fast ganz verlassen. Aber auch hier bietet sowohl die Ausführung der Versuche wie ihre Beurtheilung große Schwierigkeiten. Unmittelbar nach der Operation ist die Einwirkung auf das ganze Centralorgan meist eine so gewaltige, dass die Symptome gar keinen sicheren Anhalt geben, da sie möglicherweise von der Functionsstörung weit entfernter Hirnstellen herrühren können. Fast alle Beobachter sind darum allmählich dahin übereingekommen, die Thiere längere Zeit am Leben zu erhalten und erst die später eintretenden und namentlich die bleibenden Symptome zu verwerthen. Trotzdem bleiben noch mannigfache Fehlerquellen möglich: entweder können, wie GOLTZ[1]) hervorhob, Hemmungswirkungen auf das ganze Centralorgan oder auf entfernte Gebiete, namentlich wenn die seit der Operation verstrichene Zeit kurz ist, noch andauern; oder es kann, wenn man eine längere Zeit verstreichen lässt, ein functioneller Ersatz durch andere Rindengebiete, eine stellvertretende Function, wie sie die pathologische Beobachtung am Menschen in zahlreichen Fällen zweifellos macht, stattgefunden haben; oder endlich, es kann im Gegentheil, wie LUCIANI[2]) bemerkte, eine durch die Rindenläsion gesetzte secundäre Degeneration tiefer gelegener Hirncentren eingetreten und dadurch der anfangs geringere Ausfall der Functionen verstärkt worden sein. Angesichts dieser großen Schwierigkeiten, bei denen Fehlerquellen verschiedenster Art und entgegengesetzter Richtung das Resultat trüben können, versteht es sich von selbst, dass einigermaßen sichere Schlüsse überhaupt nur auf eine große Zahl übereinstimmender Beobachtungen, bei denen alle einflusshabenden Momente sorgfältig berücksichtigt wurden, gezogen werden können. Dass auch dann noch diese Schlüsse oft nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit erreichen, ist unvermeidlich. Insbesondere werden dieselben eine größere Sicherheit in der Regel erst gewinnen, wenn die pathologische Beobachtung am Menschen zu übereinstimmenden Ergebnissen führt.

Centromotorische Stellen lassen sich mittelst elektrischer oder mechanischer Reizversuche, wie HITZIG und FRITSCH zuerst zeigten, leicht an der Großhirnoberfläche der Thiere nachweisen. In Fig. 61 sind am Gehirn des Hundes, von dem bis jetzt die zahlreichsten Versuche vorliegen, diejenigen Orte bezeichnet, für welche die Angaben der meisten

1 GOLTZ, PFLÜGER's Archiv, XIII, S. 39.
2 LUCIANI und SEPPILLI, Die Functionslocalisation auf der Großhirnrinde. Deutsch von FRAENKEL. Leipzig 1886, S. 57, 153.

Beobachter wenigstens annähernd übereinstimmen [1]). Außer diesen an der Oberfläche gelegenen Stellen sind, wie LUCIANI fand, auch noch Rindenregionen der nämlichen Gegend, die in der Tiefe der Kreuzfurche verborgen sind, mechanisch erregbar; eine genauere Ortsbestimmung derselben ist jedoch wegen dieser verborgenen Lage unmöglich [2]). Die motorischen Stellen nehmen sämmtlich den vorderen Theil des Gehirns zwischen der Riechwindung und der Sylvischen Spalte ein, die Wirkung ihrer Reizung ist in der Regel eine gekreuzte; nur bei solchen Bewegungen, bei denen eine regelmäßige functionelle Verbindung beider Körperhälften besteht, wie bei den Kaubewegungen, den Augenbewegungen, pflegt sie bilateral einzutreten. Die Ausdehnung der reizbaren Stellen überschreitet selten einige Millimeter, und die Erregung der zwischen ihnen gelegenen Punkte ist bei schwachen Reizen von keinerlei sichtbaren Effecten begleitet. Bei stärkerer Reizung oder bei häufiger Wiederholung derselben treten allerdings auch von solchen ursprünglich indifferenten Stellen aus Zuckungen ein; es ist aber möglich, dass derartige Effecte theils von Stromesschleifen (bei elektrischer Reizung), theils von einer durch die vorangegangene Reizung entstandenen Steigerung der Erregbarkeit, theils aber auch von Empfindungen herrühren, da nun zuweilen deutliche Aeußerungen des Schmerzes aufreten. Entfernt man die Großhirnrinde an einer Stelle, die als centromotorisch erkannt ist, so bleibt gleichwohl die Wirksamkeit der Reize ungeändert [3]). Es ist demnach möglich, dass die Erscheinungen zum Theil durch die Erregung der Stabkranzfasern, die an den betreffenden Stellen endigen, verursacht werden.

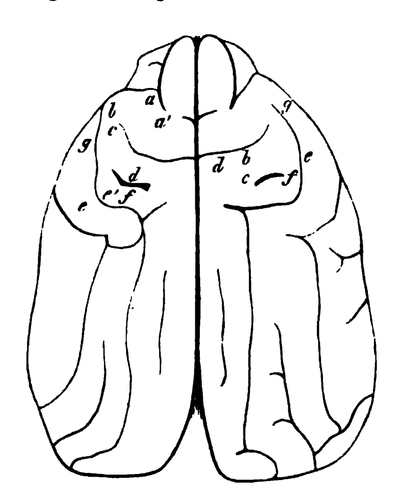


Fig. 61. Centromotorische Stellen an der Oberfläche des Hundegehirns, links theils nach FRITSCH und HITZIG, theils nach eigenen Beobachtungen; rechts sind zur Vergleichung einige der Resultate von FERRIER angegeben. *a* Nackenmuskeln. *a'* Rückenmuskeln. *b* Strecker und Adductoren des Vorderbeins. *c* Beuger und Pronatoren des Vorderbeins. *d* Muskeln der Hinterextremität. *e* Facialis. *e'* obere Facialisregion. *f* Augenmuskeln. *g* Kaumuskeln.

Schon die individuelle Variabilität in dem Verlauf der Furchen und

1) FRITSCH und HITZIG, Archiv f. Anatomie und Physiologie 1870, S. 300 ff. HITZIG, Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874, S. 42 ff. FERRIER, The functions of the brain. 2. edit. London 1886. Nach der 1. Aufl. übersetzt von OBERSTEINER. Braunschweig 1879. S. 159 ff.

2) LUCIANI, Arch. ital. de biologie, IX p. 268.

3) HERMANN, PFLÜGER's Archiv X, S. 77.

Windungen weist darauf hin, dass die Lage der centromotorischen Stellen sogar bei verschiedenen Thieren der nämlichen Species einige Schwankungen darbieten wird. In der That dürften manche der Widersprüche in den Angaben der Autoren hierauf zurückzuführen sein. Sogar an den beiden Hirnhälften eines und desselben Hundes fanden LUCIANI und TAMBURINI die übereinstimmenden Stellen etwas verschieden gelagert[1]). Noch größer sind natürlich die Abweichungen bei verschiedenen Rassen und Arten. Doch bleiben nicht nur, wie die Untersuchungen von FERRIER zeigen, bei verwandten Arten, wie z. B. bei dem Hunde, dem Schakal und der Katze, die Schwankungen der Lage verhältnissmäßig unbedeutend, sondern es findet sich auch bei den verschiedensten Säugethierordnungen, von den Nagern mit völlig ungefalteten Hemisphären an, dem Kaninchen, Meerschweinchen und der Ratte[2]), bis herauf zu den Primaten die Regel bestätigt, dass die erregbaren Stellen nur in den vorderen Theilen des Gehirns vorkommen, welche vor der Sylvischen Spalte oder Grube gelegen sind, und dass sie auch von diesem Gebiet nur einen verhältnissmäßig kleinen Theil einnehmen. Bei den Thieren mit entwickelter Riechwindung bildet die Riechfurche eine vordere Grenze, über welche niemals die erregbaren Stellen hinausreichen.

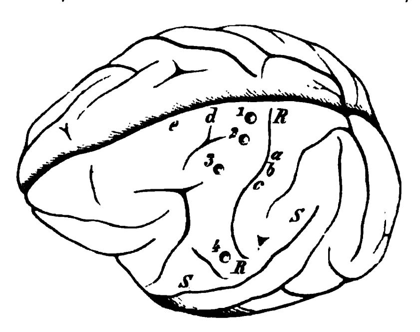


Fig. 62. Centromotorische Stellen an der Oberfläche des Affengehirns. 1 hintere, 2 vordere Extremität. 3 Facialis. 4 Kaumuskeln (nach HITZIG). *a*, *b*, *c* Bewegungen einzelner Finger. *d* Extension des Armes und der Hand. *e* Augenbewegungen (nach FERRIER). *RR* ROLANDOsche, *SS* Sylvische Spalte.

Ein besonderes Interesse bietet wegen der Aehnlichkeit des Gehirnbaues mit dem menschlichen die Aufsuchung der centromotorischen Punkte am Gehirn des Affen dar. Nach den von verschiedenen Beobachtern ausgeführten Reizversuchen finden sich hier die betreffenden Punkte auf die beiden Centralwindungen und den oberen Theil der hinteren und mittleren Stirnwindung, sowie auf die in der Tiefe der Hirnspalte des nämlichen Gebietes gelegenen Theile beschränkt[3]). Vor diesem Gebiete ist die Reizung erfolglos, hinter demselben erhält man zwar von vielen

1) Ric. sperim. sui centri psico-motori corticali. Reggio Emilia 1878. Ausführlicher Auszug in Brain, a Journal of neurology 1878, p. 529.

2) Vgl. FERRIER, Die Functionen des Gehirns, S. 172 ff. FÜRSTNER, Archiv f. Psychiatrie VI, S. 719. NOTHNAGEL, Archiv f. patholog. Anatomie, LVII, S. 184.

3) HITZIG, Untersuchungen über das Gehirn, S. 126 ff. FERRIER, Die Functionen des Gehirns, S. 152 ff. SCHÄFER, in: Beiträge zur Physiologie, zu C. LUDWIG's 70. Geburtstag, von seinen Schülern. Leipzig 1887, S. 269 ff.

Stellen aus Muskelzuckungen, die aber nach den Resultaten der Exstirpationsversuche wahrscheinlich als Empfindungsreactionen zu deuten sind. In Fig. 62 zeigen die mit Ziffern bezeichneten Punkte die Lage der Stellen, welche Hitzig am Gehirn eines Affen (Inuus Rhesus) reizbar fand, mit den zugehörigen Muskelgebieten. Die Versuche von Ferrier stimmen in Bezug auf diese Punkte ziemlich gut überein; einige weitere von dem letzteren aufgefundene Punkte sind außerdem mit Buchstaben in die nämliche Abbildung eingetragen. Es fehlen in der Figur reizbare Punkte für die Muskulatur des Rumpfes: sie sind nach den Versuchen von Horsley und Schäfer in der Tiefe der medianen Hirnspalte, unmittelbar angrenzend an die Centren für die Hinterextremität, gelegen[1].

Selbstverständlich können die Ergebnisse der Reizungsversuche niemals beweisen, dass außer den durch sie nachgewiesenen centromotorischen Stellen nicht noch andere von derselben Function existiren, denen aber aus irgend welchen Gründen die directe elektrische oder mechanische Erregbarkeit mangelt. Hier treten daher die Ausfallserscheinungen, die man nach Exstirpation beschränkter Theile der Hirnrinde beobachtet, ergänzend ein. Die Resultate solcher Versuche sind in der That in doppelter Beziehung abweichend von den Ergebnissen der Reizung. Erstens zeigen sie, dass die Entfernung eines reizbaren Feldes in der Regel auch Bewegungsstörungen in anderen Muskelgruppen zur Folge hat, die durch Reizung des Feldes nicht erregt worden waren. So erzeugt z. B. Exstirpation des Feldes *d* in Fig. 61 mit der Lähmung des Hinterbeins zumeist paralytische Erscheinungen am Vorderbein, und umgekehrt Exstirpation des Feldes *c* theilweise Paralyse des Hinterbeins; Zerstörung der Nacken- und Rumpfcentren *a a'* versetzt die beiden Extremitäten in Mitleidenschaft, u. s. w. Doch ist dabei stets die Paralyse der reizbaren Stelle eine vollständigere, als die der mitergriffenen. Sodann können zweitens Exstirpationen solcher Rindenstellen, welche Reizen gegenüber unwirksam bleiben, ebenfalls Lähmungserscheinungen hervorbringen, und zwar gilt dies nicht bloß von Rindenstellen, die unmittelbar zwischen den reizbaren in der erregbaren Zone gelegen sind, sondern auch von solchen entfernterer Lage. Auf diese Weise zeigt sich der ganze Stirnlappen, der vordere Theil des Scheitellappens und sogar noch der obere Theil der Schläferegion centromotorisch wirksam. Nur die Occipital- und der untere größere Theil der Temporalgegend lassen sich entfernen, ohne dass

1) Auf dem die Bogenwindung oben begrenzenden Windungszug, dem s. g. Gyrus marginalis, der sich vom Vorzwickel (*Hc* Fig. 33 S. 67) bis zur vordern Grenze der motorischen Region erstreckt. Auch die Centren für die einzelnen Muskelgruppen der beiden Extremitätenpaare sind von Horsley und Schäfer auf Grund ihrer Reizversuche specieller localisirt worden. Vgl. hierüber Schäfer a. a. O.

motorische Ausfallserscheinungen auftreten. Die Fig. 63 veranschaulicht diese Verhältnisse am Gehirn des Hundes. Das ganze centromotorische Gebiet ist dunkel punktirt; zugleich wird durch die Größe und Dichtigkeit der Punkte die Intensität der nach der Exstirpation der betreffenden Zone immer gekreuzt auftretenden Ausfallserscheinungen angedeutet[1]). Die Art und Weise dieser Störungen, namentlich die Regelmäßigkeit, mit der bei Exstirpation bestimmter Stellen auch bestimmte Muskelgruppen ergriffen werden, macht es nicht wahrscheinlich, dass es sich bei den Erfolgen an nicht-reizbaren Regionen etwa um vorübergehende hemmende Wirkungen handelt, die von der zerstörten auf andere unversehrt gebliebene Stellen sich fortpflanzen, und die, als bloße Operationswirkungen, keinen Aufschluss über die Function der weggenommenen Theile geben würden. Wohl aber ist es schwerlich bedeutungslos, dass keineswegs alle Rindengebiete, die wir nach den Ausfallserscheinungen als centro-

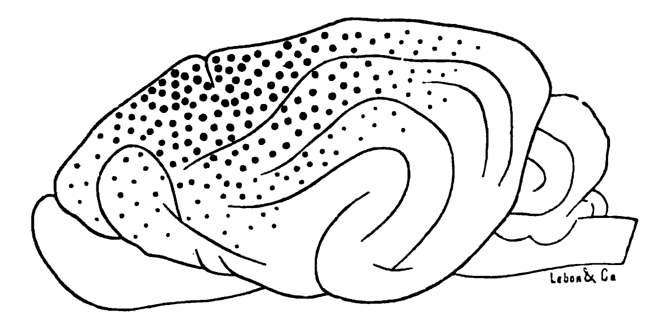


Fig. 63. Centromotorisches Gebiet auf der Großhirnoberfläche des Hundes. Nach LUCIANI.

motorisch wirksam ansehen müssen, zugleich motorisch erregbar sind, sondern dass die letztere Eigenschaft sich auf enger begrenzte Zonen beschränkt. Vielmehr dürfte dieser Unterschied darauf hinweisen, dass die erregbaren Zonen mit den peripherischen Leitungsbahnen in einer näheren Verbindung stehen als die übrigen, deren centromotorischer Einfluss erst durch die Functionshemmung, die ihre Entfernung herbeiführt, nachgewiesen werden kann. Für die Beurtheilung der centromotorischen Ausfallserscheinungen ist es übrigens beachtenswerth, dass sie keineswegs in vollständigen Muskellähmungen bestehen. Im allgemeinen erscheint nur die willkürliche Bewegung gehemmt, während sich die betreffenden Muskeln auf Reizung geeigneter Hautstellen noch reflectorisch verkürzen

1) LUCIANI und SEPPILLI, Die Functionslocalisation auf der Großhirnrinde, S. 289 ff. HITZIG, Berliner klinische Wochenschrift, 1886, S. 663.

und bei der Bewegung anderer Muskelgruppen in Mitbewegung gerathen können. Alle Ausfallssymptome sind ferner, so lange nicht beträchtliche Theile der Rindenoberfläche beider Hemisphären hinweggenommen sind, nicht dauernd; nach Tagen oder Monaten pflegt sich ein vollkommen normales Verhalten der Thiere wieder herzustellen, und dies geschieht um so schneller, einen je geringeren Umfang das verloren gegangene Rindengebiet besitzt[1]).

Die Nachweisung der centrosensorischen Stellen der Großhirnoberfläche kann bei Thieren mit zureichender Sicherheit nur mit Hülfe der Ausfallserscheinungen geschehen, die nach Exstirpation bestimmter Rindengebiete eintreten. Theils wegen dieser Beschränkung der Methode, theils und vorzüglich aber wegen der misslicheren Beurtheilung von Empfindungssymptomen hat hier die Untersuchung mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen. Ist es auch verhältnissmäßig leicht, die Existenz von Empfindungsstörungen in irgend einem Sinnesgebiete zu constatiren, so ist doch die Beurtheilung der Art und des Umfangs solcher Störungen nothwendig immer da eine unvollkommene, wo wir, wie in diesem Fall, ganz und gar auf die objective Beobachtung beschränkt bleiben.

In doppelter Beziehung scheinen die durch Exstirpationen an der Hirnrinde hervorgerufenen Empfindungsstörungen den vorhin besprochenen motorischen Lähmungen zu gleichen: erstens sind die den einzelnen Sinnesgebieten zugeordneten Rindenregionen offenbar nicht scharf umschrieben, sondern sie umfassen stets größere Hirntheile und greifen darum mannigfach in einander über; und zweitens bestehen die Störungen niemals in einer dauernden Aufhebung der Empfindung, sondern, wenn der entstandene Verlust einen geringeren Umfang hat, so können sie sich vollständig ausgleichen; wenn er einen größeren Theil der Rinde trifft, so bleiben zwar dauernde Störungen bestehen, diese äußern sich aber vielmehr in einer unrichtigen Auffassung der Sinneseindrücke, als in einer absoluten Unempfindlichkeit für dieselben. So weichen Hunde nach völliger Zerstörung des Sehcentrums noch Hindernissen aus, und nach Beseitigung des Hörcentrums reagiren sie auf plötzliche Schalleindrücke, aber sie vermögen nicht mehr bekannte Objecte oder zugerufene Worte zu erkennen. Sie halten z. B. ein in den Weg gelegtes weißes Papier für ein Hinderniss, das sie umgehen, oder sie verwechseln Korkstücke mit Fleischstücken, mit denen man jene untermengt hat[2]). Alle diese Erscheinungen weisen darauf hin, dass die Functionen der Wahrnehmung

1) Vergl. hierüber bes. GOLTZ, PFLÜGER's Archiv XXXIX, S. 459 ff.

2) GOLTZ, PFLÜGER's Archiv XXVI, S. 170 ff., XXXIV, S. 487 ff. LUCIANI und SEPPILLI a. a. O. S. 50 ff.

in solchen Fällen aufgehoben oder gestört sind, dass aber die Entfernung der centrosensorischen Gebiete keineswegs irgendwie der Ausrottung der peripherischen Sinnesorgane äquivalent ist. In einer Beziehung scheinen übrigens die Endigungen der sensorischen von denen der motorischen Leitungsbahnen abzuweichen: während die Bewegungsstörungen auf eine totale Kreuzung der Bewegungsnerven hinweisen, sind, wenigstens bei den Specialsinnen, die Störungen stets doppelseitig, was auf partielle Kreuzungen im Gesammtverlauf der Nervenbahnen schließen lässt.

Die Figg. 64, 65 und 66 stellen hiernach die ungefähre Ausdehnung des Seh-, Hör- und Riechcentrums dar. Die Dichtigkeit der Punkte deutet wieder die Intensität der nach Ausrottung der betreffenden Rindenstelle folgenden Störungen an, wobei die schwarzen Punkte den gekreuzten, die hellen den ungekreuzten Ausfallserscheinungen entsprechen. Man sieht unmittelbar, dass alle drei Sinnessphären in einander greifen, dass aber die centrale Region einer jeden eine eigenthümliche ist. Die Sehsphäre nimmt hauptsächlich den Hinterhauptslappen ein, erstreckt sich außerdem über einen Theil des Scheitellappens, und wahrscheinlich nimmt auch das Ammonshorn an derselben Theil, den Schläfelappen dagegen lässt sie fast ganz frei. Die Hörsphäre hat in diesem letzteren ihr Centrum, von dem sie sich zum Theil über den Scheitellappen sowie die Bogenwindung und das Ammonshorn zu erstrecken scheint. Endlich die Riechsphäre breitet sich um die Riechwindung als ihr Hauptcentrum aus. Neben ihr scheinen namentlich Hakenwindung und Ammonshorn einen reichlichen Antheil der Olfactoriusbahn aufzunehmen, indess nur geringe Antheile auf die Scheitelregion kommen. Während in der Seh- und Hörsphäre jedenfalls die gekreuzten Fasern überwiegen, scheinen im Olfactoriusgebiet die ungekreuzten die Mehrzahl zu bilden.

Eine Geschmackssphäre ist bis jetzt nicht mit Sicherheit aufgefunden. Nach Versuchen an Kaninchen soll sie an den einander zugekehrten Flächen der Medianspalte im vorderen Theil des Scheitellappens liegen und bis an die Hirnbasis sich ausbreiten[1]). Dagegen nimmt das Gebiet, dessen Zerstörung den Tastsinn und die Bewegungsempfindungen alterirt, die sich beide bei diesen Symptomen nicht von einander trennen lassen, einen weiten Raum auf der convexen Oberfläche des Gehirns ein. Dasselbe hat am Gehirn des Hundes seinen Mittelpunkt in der vorderen Scheitelregion und erstreckt sich von da über den ganzen Stirntheil und nach hinten und unten bis an die Grenze des Occipital- und des Schläfelappens. Das centrosensorische Gebiet des Tastsinns hat also anscheinend genau die nämliche

1) Schtscherback, Physiol. Centralbl. V. 1891, S. 289 ff.

Ausdehnung, wie das centromotorische der gesammten Körpermuskulatur, und es kann daher durch das schon benutzte Schema der Fig. 63 eben-

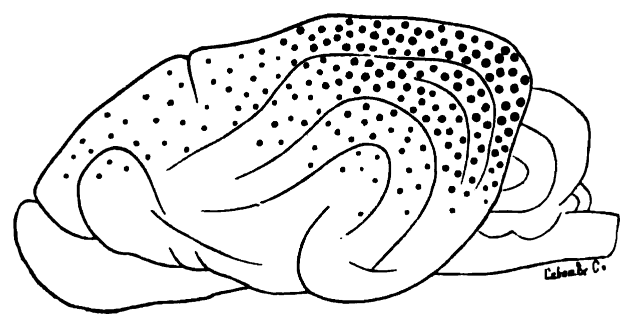


Fig. 64. Sehcentrum des Hundes. Nach LUCIANI.

falls dargestellt werden. Diese Coincidenz lässt es möglich erscheinen, dass in Bezug auf die einzelnen Körperregionen für die Empfindungen

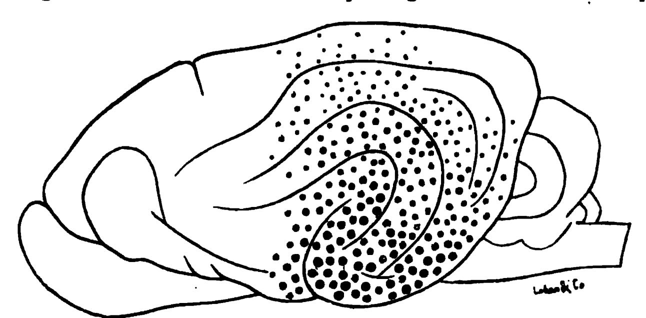


Fig. 65. Hörcentrum des Hundes. Nach LUCIANI.

eine ähnliche Vertheilung in übereinandergreifenden kleineren Centren stattfinden werde, wie für die Bewegungen. Uebrigens gleichen die nach

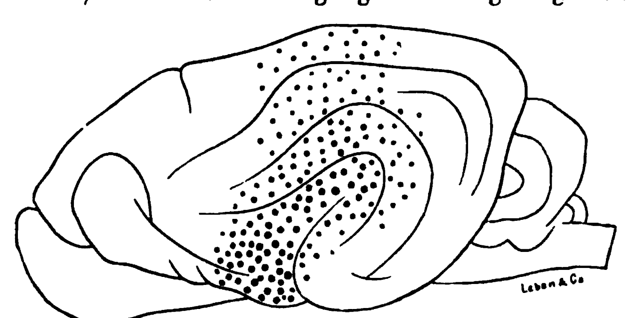


Fig. 66. Riechcentrum des Hundes. Nach LUCIANI.

Abtragung der Tastsphäre entstehenden Ausfallserscheinungen durchaus den bei den Specialsinnen geschilderten darin, dass immer nur die Störung

der **Wahrnehmung, niemals aber die im Anfang zuweilen vorhandene völlige Empfindungslähmung einen dauernden Charakter besitzt.**

Die Frage nach der Natur der Rindenfunctionen ist in der obigen Darstellung nur insoweit berührt worden, als sie mit dem Problem der Endigung der Leitungsbahnen in der Großhirnrinde in Beziehung steht. Jene Frage selbst kann erst im nächsten Capitel, bei der Besprechung der gesammten centralen Functionen, zur Erörterung kommen. Auch in dieser Beschränkung sind jedoch die physiologischen Versuche über die Localisation der centromotorischen und centrosensorischen Bahnen ein noch immer vielfach umstrittenes Gebiet, wenn auch nicht zu verkennen ist, dass die zwischen der Hypothese der scharf umschriebenen Localisation und der Leugnung jeder localen Scheidung mitten inne liegenden Vorstellungen, wie sie im allgemeinen im Vorangegangenen ihren Ausdruck fanden, allmählich das Uebergewicht erlangt haben. Es mag sein, dass schließlich die einzelnen motorischen Gebiete etwas enger oder etwas umfassender anzusetzen sind, als oben angenommen wurde, die Grundvoraussetzung, dass die Functionsherde um bestimmte enger umschriebene Centren sich ausbreiten, und dass sie zugleich vielfach in einander eingreifen, hat sich mehr und mehr bei den unbefangenen Beobachtern als die wahrscheinlichste herausgestellt. Mit besonderer Energie hat GOLTZ der Annahme scharf umschriebener Localisationen widersprochen. Seine Arbeiten [1] haben das Verdienst, dass sie sowohl durch ihren eigenen Inhalt wie durch die anderweitigen Prüfungen, die sie herausforderten, zur Klärung der Anschauungen vieles beitrugen. Die Resultate, zu denen GOLTZ in seinen späteren Arbeiten gelangt ist, stehen aber mit den Ergebnissen der meisten anderen Beobachter nicht mehr in wesentlichem Widerspruch, und eine gewisse Ungleichheit der centralen Vertretungen, die in ihren allgemeinen Zügen der oben dargelegten gleicht, nimmt nun auch GOLTZ an. Anderseits haben HITZIG [2] und FERRIER [3], von denen letzterer namentlich früher eine engere Localisation behauptete, sich in neuerer Zeit ebenfalls im Sinne einer unbestimmteren Begrenzung ausgesprochen [4].

Liegt hierin eine gewisse Bestätigung der durch die Reizversuche gewonnenen Resultate, so ist dagegen die Beweiskraft der letzteren selbst von HERMANN bestritten worden. Derselbe fand nämlich, dass nach Zerstörung der Rinde noch bis in ziemlich beträchtliche Tiefe die Reizerfolge eintraten, und er glaubte daher, dass bei allen Reizversuchen möglicher Weise Stromesschleifen auf tiefer liegende Theile Täuschungen veranlassten [5]. Hiergegen spricht aber die locale Beschränkung der durch schwache Reize erregbaren Gebiete, während es anderseits wohl verständlich ist, dass die an einer Rindenstelle endigenden Stabkranzfasern noch auf eine gewisse Strecke mit dem Reiz in die Tiefe verfolgt werden können. Ein Zeugniss für die directe Reizung der Rinde scheint ferner darin zu liegen, dass, wie FRANCK und PITRES [6] fanden und BUBNOFF

---

1) Ueber die Verrichtungen des Großhirns, Abh. I—VII. PFLÜGER's Archiv 1876—92.
2) Arch. f. Psychiatrie XV, S. 270 ff. Berliner klinische Wochenschrift, 1886, S. 663.
3) The functions of the brain. 2. édit.
4) Vgl. zur selben Frage auch PANETH, PFLÜGER's Archiv XXXVII, S. 523 ff.
5) PFLÜGER's Archiv X, S. 84.
6) Soc. de biologie, 23 Déc. 1877.

und HEIDENHAIN[1]) bestätigten, bei Reizung der Rinde die Zeit der Latenz der Erregung größer ist, als nach Abtragung derselben.

In Bezug auf die Lage der centrosensorischen Stellen hält namentlich HERMANN MUNK auf Grund zahlreicher Versuche an Hunden und Affen noch immer an einer strengeren Localisation fest, wobei er zugleich Rindengebiete, in denen die Sinnesnervenfasern direct endigen, von solchen, in denen die Empfindungen zu Wahrnehmungen erhoben werden, glaubt trennen zu können[2]). Die durch die Vernichtung der ersteren gesetzten Erscheinungen belegt er bei den zwei höheren Sinnen mit dem Namen der Rindenblindheit und Rindentaubheit; die Störungen, die der Exstirpation der Centren zweiter Art folgen, mit denen der Seelenblindheit und Seelentaubheit. Bei Hunden umfasst nach MUNK der nach hinten von der Sylvischen Spalte gelegene, von den Scheitelbeinen bedeckte Abschnitt des Gehirns, bei Affen die gesammte Oberfläche des Occipitallappens das Sehcentrum (*A* Fig. 67 u. 68). Dieses Sehcentrum soll dann wieder in einen central gelegenen Theil (*A'* Fig. 67) und in einen diesen von allen Seiten umgebenden peripherischen Theil (*A*) zerfallen. Der erstere soll einerseits der Stelle des deutlichsten Sehens im gegenüberliegenden Auge entsprechen, anderseits aber auch die Elemente enthalten, in denen Erinnerungsbilder deponirt werden. Seine Zerstörung bewirke daher gleichzeitig Verlust des deutlichen Sehens und der richtigen Auffassung der Empfindungen. Der peripherisch gelegene Theil *A* dagegen habe nur die Bedeutung eines Retinacentrums, und zwar soll jeder Punkt correspondirenden Punkten beider Netzhäute zugeordnet sein, wobei eine Hirnhälfte den gleichseitigen Retinahälften der zwei Augen entspreche. Exstirpirt man daher einen Occipitallappen, so wird der Affe hemianopisch: er ist blind für alle die Bilder, welche auf die gleichseitige Retinahälfte fallen. Bei Hunden ist das Verhältniss der Gebiete *A'* und *A* ein ähnliches; dagegen soll in *A* die Zuordnung eine solche sein, dass der centralen Sehfläche jeder Gehirnhälfte der kleinere laterale Abschnitt der gleichseitigen und der größere mediale Abschnitt der ungleichseitigen Retina entspricht: die Exstirpation der rechten centralen Sehfläche bewirke also hier Erblindung des äußersten Randes der rechten Netzhaut und der ganzen linken Netzhaut mit Ausnahme des äußersten Randes derselben. Diese Vertheilung gleicht, wie man sieht, ganz und gar derjenigen, die bereits im Mittelhirn in Folge der im Chiasma eingetretenen partiellen Kreuzungen nachzuweisen ist[3]). Auch durch locale elektrische Reizung glaubt MUNK diese Ergebnisse der Exstirpationsversuche bestätigt zu finden, indem solche Reizungen regelmäßig Augenbewegungen veranlassen, die von MUNK als durch Lichtempfindungen erzeugte Fixationsbewegungen gedeutet werden[4]). So bewirkt Reizung des hintern Theils der Sehsphäre Aufwärtsbewegung, solche des vordern Theils

1) PFLÜGER's Archiv XXVI, S. 137.

2) H. MUNK, Ueber die Functionen der Großhirnrinde. Berlin 1881. Weitere Mittheilungen ebend. 1890. Sitzungsber. der Berliner Akad. 1883—90.

3) Vgl. S. 130.

4) MUNK, Sitzungsber. der Berliner Akad. 1890. OBREGIA, DU BOIS-REYMOND's Archiv 1890, S. 206 ff. Im wesentlichen übereinstimmende Ergebnisse erhielt E. A. SCHÄFER, Proc. of the Roy. Soc. 1887, p. 408, und bei niederen Wirbelthieren (Fischen, Amphibien, Vögeln) J. STEINER, PFLÜGER's Archiv L., S. 603 ff. STEINER beobachtete bei Tauben und Kaninchen auch Kopfbewegungen in einem den Augenbewegungen entsprechenden Sinne.

Abwärtsbewegung des Auges, während bei der Reizung der Mitte A' das Auge in Ruhe bleibt oder nur ganz geringe Convergenzbewegungen ausführt. Demnach scheint sich die Reizung des hinteren Sehsphärengebiets ganz ebenso wie

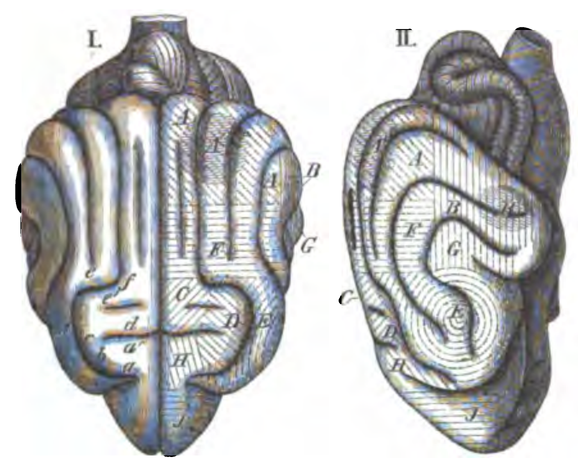


Fig. 67. Centrosensorische Regionen an der Oberfläche des Hundegehirns nach Munk. I Ansicht von oben. II Seitenansicht der linken Hirnhälfte. *A* Sehsphäre, *A'* centrale Region derselben. *B* Hörsphäre, *B'* Region für die Perception articulirter Laute. *C—J* Tastsphäre. *C* Vorderbeinregion. *D* Hinterbeinregion. *E* Kopfregion. *F* Augenregion. *G* Ohrregion. *H* Nackenregion. *J* Rumpfregion. *a—g* motorisch erregbare Stellen. (Siehe die Erklärung zu Fig. 64.)

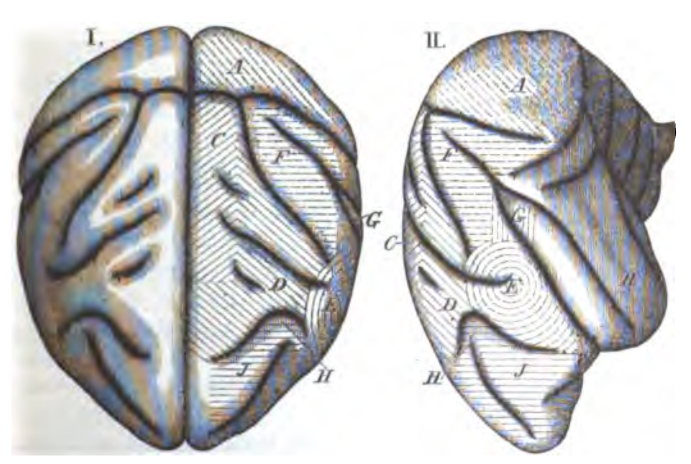


Fig. 68. Sensorische Regionen an der Oberfläche des Affengehirns. Die Bedeutung der Bezeichnungen ist dieselbe wie in Fig. 67.

die des unteren Retinaabschnitts, die des vorderen, wie die des oberen, die der Mitte A' aber wie die der Fovea centralis zu verhalten, da jede im indirecten Sehen erfolgende Lichterregung eine Bewegung erzeugt, durch die ein entsprechend gelegener äußerer Lichtreiz auf das Retinacentrum über-

geführt wird [1]). Aehnliche Augenbewegungen konnte A. Schäfer auch bei Reizung eines bestimmten Punktes der Tastsphäre der Großhirnrinde beobachten. Ebenso sah Baginsky bei Reizung der Hörsphäre des Hundes Bewegungen der Ohrmuschel und zuweilen Augenbewegungen eintreten [2]). Den Charakter dieser nach Reizung centraler Sinnesflächen eintretenden Bewegungen kann man in zweifacher Weise deuten: entweder sieht man in ihnen Reflexe, welche in den motorischen Nervenkernen oder in den Mittelhirncentren ausgelöst werden, oder man betrachtet sie als Reizbewegungen, die in den der Leitung der Willensbewegungen entsprechenden Bahnen verlaufen [3]). Für die letztere Ansicht spricht der Umstand, dass für die Reflexübertragung in den Mittelhirncentren besondere Organe existiren, die nach der Ausschaltung der Hirnrinde noch vollkommen ungestört functioniren. (Vgl. Cap. V, 3.) An das Sehcentrum grenzen außen und unten die Centralapparate des Gehörsinnes an. Das Gebiet, dessen Exstirpation nach Munk beim Hunde Aufhebung der Gehörsempfindungen verursachen soll, liegt am lateralen Rande des Scheitellappens und im ganzen Schläfelappen, beim Affen nimmt es nur den letzteren, der bei den Primaten stärker entwickelt ist, ein (*B*). Die Zerstörung einer in der Mitte dieses Gebiets liegenden begrenzteren Sphäre *B'* (Fig. 67, II) soll bei Erhaltung der umgebenden Theile nur die Wahrnehmung articulirter Laute aufheben, sogenannte Seelentaubheit verursachen, wogegen völlige Taubheit nach der Entfernung der ganzen Region *B* eintrete. Bei den Centren des Tastsinnes nimmt Munk ebenfalls eine Scheidung der verschiedenen Functionsgebiete an. So verlegt er die Tast- und Bewegungsempfindungen des Auges in eine Region, welche die Gesichtssphäre unmittelbar nach vorn begrenzt (*F*); ähnlich ist nach ihm das Lageverhältniss des Hautcentrums der Ohrregion zu der centralen Gehörsfläche. Nach vorn folgen dann nach einander die übrigen Centralgebiete des allgemeinen Tastsinnes: die Vorderbein-, Hinterbein- und Kopfregion (*C*, *D*. *E*), endlich die Nacken- und Rumpfregion (*H*, *J*). Diese Regionen fallen, übereinstimmend mit den Befunden von Luciani, mit denjenigen Stellen zusammen, die wir oben als centromotorische für die nämlichen Körpertheile kennen gelernt haben. Um dies zu veranschaulichen, wurden auf die rechte Hälfte des in der oberen Ansicht abgebildeten Hundegehirns in Fig. 67, I die motorischen Stellen aus Fig. 61 (S. 152) übertragen. Hiernach fallen: der motorische Punkt für die Nackenmuskeln *a* in Munk's »Fühlsphäre« des Nackens *H*, die motorischen Punkte *b* und *c* für die Vorderbeine in die Fühlsphäre derselben *C*; ebenso verhalten sich für die Hinterextremität *d* und *D*, für Muskulatur und Tastsinn des Auges *f* und *F*, die Centren des Facialis und der Kaumuskulatur *e* und *g* und die Hautregion des Kopfes *E*. Der einzige Punkt, für welchen dieser Zusammenhang nicht zutrifft, ist das Rückencentrum *a'*, dessen Lage in der Tastsphäre des Rumpfes *J* erwartet werden müsste.

Alle diese Angaben haben jedoch mehrfachen Widerspruch erfahren. Nach den Ergebnissen anderer Beobachter kann wohl angenommen werden, dass die Hauptgebiete der Großhirnrinde, welche mit den Leitungsbahnen des Gesichts-, Gehörs- und Tastsinns in nächster Beziehung stehen, von Munk im

---

1) Ueber die Beziehungen der Augenbewegungen zu den Netzhautempfindungen vergl. Cap. XIII, 2.

2) Baginsky, Archiv f. Physiol. 1891, S. 227 ff.

3) M. Knies, Archiv für Augenheilkunde, XXII, S. 19 ff.

allgemeinen richtig, wenngleich wahrscheinlich etwas zu eng, umgrenzt worden sind, wogegen die näheren localen Beziehungen, namentlich aber die Unterscheidungen zwischen sogenannten Rinden- und Seelencentren als höchst problematisch bezeichnet werden müssen. Abgesehen von der Bedenklichkeit der physiologischen und psychologischen Voraussetzungen, welche dieser centralen Functionstrennung zu Grunde liegen, widersprechen die von andern Beobachtern ermittelten Thatsachen besonders in zwei Punkten den MUNK'schen Folgerungen. Erstens ist es offenbar nicht richtig, dass die Entfernung irgend eines Rindengebietes totale Erblindung oder absolute Unempfindlichkeit für Schallreize beim Thiere zur Folge hat. Denn mehrfache Beobachtungen beweisen, dass selbst nach Wegnahme der ganzen Hirnrinde Kaninchen und sogar Hunde noch auf Licht- und Schalleindrücke zweckmäßig reagiren, indem sie in den Weg gestellten Hindernissen ausweichen, zusammengesetzte Ausdrucksbewegungen ausführen u. dergl.[1]). Zweitens entsprechen die nach Rindenzerstörungen zurückbleibenden Symptome in allen Fällen der von MUNK so genannten Seelenblindheit; sie sind, wie sich GOLTZ ausdrückt, Symptome von »Hirnschwäche«, niemals aber ist die Entfernung eines Rindengebiets der Zerstörung des peripherischen Sinnesorganes oder eines Theiles desselben äquivalent[2]). Nach der Vermuthung LUCIANI's beruhen die von MUNK längere Zeit nach der Operation beobachteten tieferen Sinnesstörungen vielleicht auf einer Fortpflanzung der absteigenden Degeneration in die niedrigeren Centren der Seh- und Vierhügel. Speciell die Beziehungen bestimmter Theile der Sehsphäre zu einzelnen Regionen des binocularen Sehfeldes sind jedoch auch von anderer Seite in beschränkterer Weise, nämlich als vorübergehende Erscheinungen, die sich längere Zeit nach der Operation wieder ausgleichen, bestätigt worden, wobei nur die Frage, ob eine totale oder, wie MUNK annimmt, eine bloß partielle Kreuzung besteht, noch eine offene ist[3]).

Die Störungen, die in Folge von Läsionen der Großhirnrinde des Menschen zur Beobachtung kommen, können ebenfalls sowohl in Reizsymptomen wie in Ausfallssymptomen bestehen. Die ersteren, die bald als epileptiforme Zuckungen, bald als hallucinatorische Erregungen auftreten, sind hier für die Frage der Localisation der Functionen schon deshalb in geringerem Maße verwerthbar, weil sie nur selten örtlich beschränkte Erkrankungen der Hirnrinde begleiten[4]). Auch die Ausfalls-

---

1) CHRISTIANI, Zur Physiologie des Gehirns. Berlin 1885. S. 31 ff. GOLTZ, PFLÜGER's Arch. LI S. 570 ff.

2) GOLTZ, PFLÜGER's Archiv XXXIV, S. 459, 487 ff. CHRISTIANI a. a. O. S. 138 ff.

3) FERRIER, Brain 1881, p. 456, 1884, p. 139. LOEB, PFLÜGER's Archiv XXXIV, S. 88 ff. LUCIANI und SEPPILLI S. 145. Vgl. über einige andere Versuchsergebnisse SCHORR in HERMANN und SCHWALBE, Jahresber. f. Physiol., 1888, S. 130 f., 1890 S. 185 f. Für eine mindestens vorwiegend gekreuzte Verbindung sprechen auch die Veränderungen im elektromotorischen Verhalten der Occipitalrinde, die A. BECK bei Lichtreizung des Auges der entgegengesetzten Seite beobachtete, Centralbl. f. Physiol. 1890, S. 473. Vgl. ebend. v. FLEISCHL, S. 537, GOTCH und HORSLEY S. 649.

4) FERRIER, Die Localisation der Hirnerkrankungen, übers. von PIERSON. Braunschweig 1880, S. 108. H. DE BOYER, Études cliniques sur les lésions corticales, Paris 1879, p. 109. LUCIANI und SEPPILLI a. a. O. S. 336 ff. Die pathologisch-anatomischen Befunde stehen in diesen Fällen in Bezug auf die Localisationsfragen im all-

symptome sind von um so größerem Werth, je beschränkter sie auftreten, und sie müssen überdies von der im Anfang der Störung selten fehlenden Beeinträchtigung umgebender Theile sowie von den später sich geltend machenden Erscheinungen der Wiederherstellung der Function sorgfältig gesondert werden [1]). Eine große Zahl von Beobachtungen, die unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse gesammelt sind, führt nun zu dem übereinstimmenden Ergebniss, dass die Stellen, durch deren Läsion motorische Lähmungen herbeigeführt werden, in einem verhältnissmäßig kleinen Gebiet der Großhirnrinde, nämlich in den beiden Centralwindungen, zu denen vielleicht noch die daran angrenzenden obersten Theile der drei Frontalwindungen hinzukommen, vereinigt sind [2]). Den Centralwindungen ist in dieser Beziehung die auf der Medianfläche sichtbare Uebergangswindung zwischen denselben, der sogenannte lobus paracentralis, zuzurechnen (Fig. 70). Dagegen bleiben die Körperbewegungen vollkommen ungestört bei Zerstörungen der Rinde des Schläfe- und Hinterhauptslappens, sowie der vorderen Regionen des Stirnlappens. Die Lähmungen erfolgen fast immer gekreuzt, und sie bestehen in einer Aufhebung oder Störung des Willenseinflusses auf die Muskeln, zu der sich später häufig dauernde

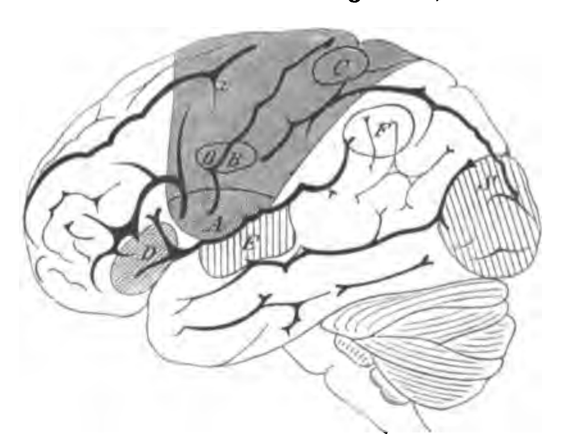


Fig. 69. Centromotorische Stellen und Sprachcentren von der Hirnoberfläche des Menschen (linke Hemisphäre). *A* Facialis- und Hypoglossusgebiet. *B* Armmuskulatur. *C* Beinmuskulatur. *x* Gebiet, dessen Verletzung Lähmung in den Ober- und Unterextremitäten herbeiführt. *D* motorisches Sprachcentrum. *E* sensorisches Sprachcentrum. *S* Sehcentrum.

---

gemeinen in Uebereinstimmung mit den bei örtlich beschränkten Lähmungen erhaltenen Resultaten. Doch pflegen die Reizsymptome bei der s. g. Rindenepilepsie leichter auf die Muskelgebiete benachbarter Centren überzugreifen.

1) Vgl. über die hier erforderlichen Kriterien NOTHNAGEL, Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten, Einleitung.

2) CHARCOT et PITRES, Revue mensuelle de méd. et de chir. 1877, 1878 und 1879. NOTHNAGEL, Topische Diagnostik, S. 438 ff. H. DE BOYER, Études cliniques sur les lésions corticales. Paris 1879. Der letztgenannte Autor hat zugleich durch eine Zusammenstellung solcher Rindenläsionen, bei denen keine motorische Störung beobachtet wurde, gezeigt, dass dieses in Bezug auf die Bewegung latente Gebiet mit der gesammten außerhalb der motorischen Regionen gelegenen Rindenoberfläche zusammenfällt (a. a. O. p. 40—79).

Contracturen in Folge der Wirkung nicht gelähmter Muskeln hinzugesellen [1]. Eine nähere Localisation in Bezug auf die einzelnen Muskelgebiete ist bis jetzt noch nicht vollständig gelungen. Weitaus die meisten Beobachtungen stimmen darin überein, dass dem Facialis und Hypoglossus das untere, dem Arm das mittlere Drittel der beiden Centralwindungen, dem Bein dagegen das obere Drittel der hintern Centralwindung sowie das Paracentralläppchen entspricht. Außerdem wurden aber bei Verletzungen des letzteren sowie des oberen Drittels der vorderen Centralwindung und des ihr benachbarten Frontalgebiets Lähmungen beobachtet, die beide Extremitäten ergriffen hatten [2]. In Fig. 69 und 70 ist dieses ganze motorische Gebiet der Hirnoberfläche des Menschen durch quere Schraffirung ausgezeichnet, und es sind in Fig. 69 zugleich diejenigen einzelnen Centralfelder, die bis jetzt mit einiger Sicherheit zu trennen waren, durch die Buchstaben *A*, *B* und *C* angedeutet. Diese letzteren sind an Stellen angebracht, bei deren Verletzung eine isolirte Lähmung der betreffenden Muskelgruppen beobachtet wurde, während Erkrankungen anderer Stellen, wie x, in der Regel combinirte Lähmungen herbeiführen. Aus der Lage der Stellen *A*, *B* und *C* geht zugleich hervor, dass einerseits Lähmungen von Arm und Bein, sowie anderseits Lähmungen von Arm und Antlitz leicht zusammen vorkommen können, dass aber nicht leicht Bein und Antlitz gelähmt sein werden, während der Arm frei bleibt, eine Schlussfolgerung, welche durch die pathologische Beobachtung vollkommen bestätigt wird [3]. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den bei Thieren,

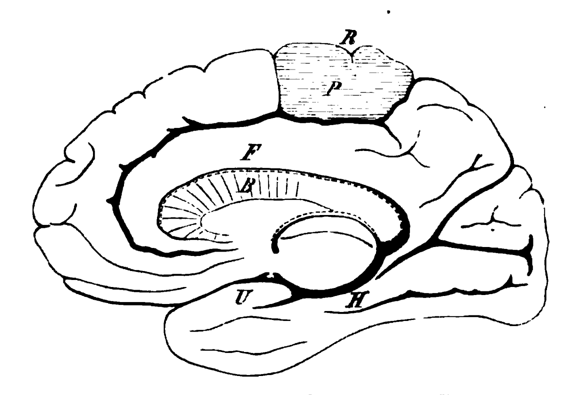


Fig. 70. Mediale Ansicht der rechten Hemisphäre. *R* Rolando'scher Spalt. *P* Paracentralläppchen, motorische Centren für das Bein und vielleicht auch für den Arm enthaltend. *F* Bogenwindung. *B* Balken, median durchschnitten. *H* Gyrus hippocampi. *U* Gyrus uncinatus.

---

1) In einer sehr kleinen Zahl von Fällen wurde ungekreuzte Lähmung beobachtet. Vgl. Ferrier, Localisation der Hirnerkrankungen, S. 12 ff.) Es ist nicht unwahrscheinlich, dass es sich hierbei um extreme Fälle jenes ungewöhnlichen Verlaufs der Pyramidenbahnen handelt, wie ihn Flechsig feststellte (vgl. oben S. 116 Anm. 3).

2) Boyer a. a. O. p. 150. Exner, Untersuchungen über die Localisation der Functionen in der Großhirnrinde des Menschen. Wien 1881, S. 22 ff.

3) Bei corticalen hat man wie bei andern Lähmungen der Bewegung Erweiterung der Gefäße und in Folge dessen Erhöhung der Temperatur der gelähmten Theile

zunächst beim Affen erhaltenen Versuchsresultaten, wie sie in Fig. 62 (S. 153) dargestellt sind, so lässt sich eine allgemeine Uebereinstimmung in der Lage der centromotorischen Stellen nicht verkennen. Ebenso ersieht man sofort, dass dieses motorische Rindengebiet der Ausbreitung der auf anatomischem Wege bis in die Centralwindungen zu verfolgenden Pyramidenbahnen entspricht, deren Anfänge in den motorischen Rückenmarkssträngen gelegen sind.

Unvollständiger ist es bis jetzt gelungen, die sensorischen Centralherde in der Großhirnrinde des Menschen nachzuweisen. Am meisten gesichert erscheint die Lage des Sehcentrums in der Rinde des Occipitallappens, und zwar namentlich in der Region des Zwickels (Fig. 45 *s Cn*) und seiner Umgebung (*S* Fig. 69). Zugleich weisen die Erscheinungen darauf hin, dass jede Hirnhälfte der nasalen Hälfte der gegenüberliegenden und der temporalen der gleichseitigen Retina zugeordnet ist: ausgedehntere und rasch entstehende halbseitige Läsionen des Occipitalhirns pflegen nämlich eine Hemianopie nach sich zu ziehen, bei welcher die der Erkrankung gegenüberliegende Seite des binocularen Sehfeldes ausfällt, was wegen der Umkehrung der Bilder eine den gleichseitigen Retinahälften entsprechende Functionsstörung anzeigt. Dabei nimmt jedoch die Stelle des schärfsten Sehens in der Regel an der halbseitigen Erblindung nicht Theil, was wahrscheinlich mit der oben (S. 128) erwähnten zweiseitigen Vertheilung der Sehnervenfasern in dieser Region zusammenhängt [1]. Mit diesen Sehstörungen nach einseitiger Rindenerkrankung stehen Beobachtungen in Uebereinstimmung, in denen nach vieljähriger Erblindung des einen Auges eine partielle Atrophie beider Hälften des Occipitalhirns, sowie andere, in denen umgekehrt nach Zerstörung eines Hinterhauptslappens theilweise Entartung des vorderen Vierhügels und Kniehöckers der entgegengesetzten Seite, sowie des Sehnerven auf beiden Seiten beobachtet wurde [2]. Zugleich spricht der Verlauf der degenerirten Fasern im letzteren Falle entschieden dafür, dass

beobachtet. Aehnliches ist bei Thieren nach Zerstörung der motorischen Zone von einigen Beobachtern gefunden worden. Man schließt hieraus auf eine Endigung der vasomotorischen Fasern in der nämlichen Region. Vgl. hierüber Lépine, De la localisation dans les maladies cérébrales. Paris 1875. Hitzig, Med. Centralblatt 1876, No. 18. Eulenburg und Landois, Virchow's Archiv, LXVIII, S. 245. Kroemer, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, XXXVI, S. 137. Auch Einwirkungen auf die Speichel- und die Schweißsecretion wurden bei Verletzungen oder Reizungen der motorischen Zone beobachtet. Vgl. Bochefontaine, Arch. de phys. 1876, p. 140. Adamkiewicz, Verhandl. der Berliner physiol. Gesellsch. 1879—80. No. 5.

1) Nothnagel, Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten, S. 389. Boyer a. a. O. S. 175. Luciani und Seppilli a. a. O. S. 167 ff. Förster, Arch. f. Ophth. B. XXXVI, 1, S. 94.

2) Vgl. Luciani und Seppilli a. a. O. S. 199 und die zugehörige Casuistik S. 177 f.

sämmtliche Opticusfasern die genannten Ganglien des Mittelhirns durchsetzen, ehe sie zu centralen Sehsphären gelangen[1]).

Unterscheiden sich schon die angeführten Sehstörungen von solchen, die durch peripherische Ursachen, z. B. durch Zerstörung einer Netzhaut, verursacht sind, wesentlich dadurch, dass sie stets binocular auftreten, so bieten sich in anderen Fällen bei Läsionen des nämlichen Rindengebiets Symptome dar, die noch entschiedener die centrale Natur der Störungen verrathen: die Lichtempfindlichkeit kann in solchen Fällen in allen Punkten des Sehfeldes erhalten sein, aber theils ist die Unterscheidung der Farben, theils die Auffassung der Formen, theils die Wahrnehmung der Tiefenentfernung der Objecte gestört. Zuweilen waren dabei zugleich andere Theile des Gehirns, namentlich die Stirn- und Parietallappen, ergriffen[2]), oder es waren die letzteren allein der Sitz des Leidens, während sich die hinteren Partien der Großhirnrinde verhältnissmäßig unversehrt zeigten[3]). Hiernach darf man wohl vermuthen, dass es sich hier um complicirtere Störungen handelte, an denen sehr verschiedene Gehirntheile betheiligt waren. In der That werden wir später sehen, dass die Bildung der Gesichtswahrnehmungen ein zusammengesetzter psychologischer Vorgang ist, welcher nothwendig auch die Mitwirkung zahlreicher und verschiedenartiger physiologischer Elemente voraussetzt[4]). Aehnlich ist wohl die unten zu erwähnende Wortblindheit zu beurtheilen, welche mit Läsionen der Hinterhauptslappen nicht immer zusammenzuhängen scheint. Uebrigens darf schließlich nicht verschwiegen werden, dass die Acten der pathologischen Untersuchung, namentlich aus älterer Zeit, zahlreiche Fälle enthalten, in denen mehr oder minder große Theile der Hinterlappen ergriffen waren, ohne dass Sehstörungen beobachtet wurden. Doch kommen hierbei zwei Umstände in Betracht: erstens können partielle Sehstörungen wegen der ergänzenden Thätigkeit des andern Auges unbeachtet bleiben, namentlich wenn es an genaueren Functionsprüfungen fehlt; zweitens macht sich hier wie in allen anderen Fällen partieller Rindenläsionen die Thatsache geltend, dass die Störungen allmählich sich ausgleichen, wahrscheinlich indem andere Rindengebiete ergänzend für die hinweggefallenen eintreten[5]).

---

1) v. Monakow, Archiv f. Psychiatrie XXIV, S. 229 ff. Vgl. oben Fig. 56 S. 130.

2) Vgl. die von Fürstner (Archiv f. Psychiatrie VIII, S. 162, IX, S. 90) und von Reinhard (ebend. S. 147) beschriebenen Fälle. Zu bemerken ist, dass es sich hierbei überall um Theilsymptome der progressiven Paralyse handelte. Ueber die Veränderungen des Tractus opticus und seiner centralen Fortsetzungen nach Rindenexstirpationen und pathologischen Rindendefecten beim Menschen vgl. v. Monakow, Arch. f. Psychiatrie, XX, S. 714 ff. XXIII, S. 609 ff.

3) Fürstner a. a. O. VIII, S. 171, 172. Reinhard ebend. IX, S. 156.

4) Vgl. die Lehre von den Gesichtsvorstellungen im III. Abschnitt, Cap. XIII.

5) Einige Fälle aus neuerer Zeit, die der Localisation des Gesichtssinns im Occi-

Pathologische Zerstörungen des Hörcentrums äußern sich beim Menschen hauptsächlich durch ihren tiefgreifenden Einfluss auf das Sprachvermögen. Zugleich zeigen aber in diesem Fall die Beobachtungen, dass die centromotorischen und die centrosensorischen Rindengebiete des Gehörsinns unmittelbar an einander grenzen. Bei den centralen Sprachstörungen sind nämlich zwei Zustände auseinander zu halten, die sehr häufig mit einander verbunden sind, aber doch auch bis zu einem gewissen Grade isolirt vorkommen können: die Aphasie, die Aufhebung oder Störung des Sprachvermögens, und die Worttaubheit, die Störung der Wortperception. Die Aphasie kann zugleich verbunden sein mit Aufhebung des Schreibvermögens, mit Agraphie, ebenso die Worttaubheit mit Unvermögen, die Schriftbilder der Worte zu verstehen, mit Wortblindheit[1]. Alle diese Erscheinungen documentiren sich dadurch, dass bei ihnen die Sinnesempfindungen und die einfachen motorischen Functionen vollständig erhalten sein können, sofort als complicirtere Störungen. Als dasjenige Rindengebiet, an dessen Erhaltung diese centralen Sprachfunctionen gebunden sind, ist die am menschlichen Gehirn in so charakteristischer Weise entwickelte Region an der vorderen und unteren Grenze der Sylvischen Spalte nachgewiesen, wozu nach mehreren Beobachtungen noch das Gebiet des Insellappens zu rechnen ist[2]. In weitaus der größten Zahl der Fälle ist die Sprachstörung eine Folge linksseitiger centraler Erkrankungen und daher wegen der Kreuzung der motorischen und sensorischen Leitungsbahnen mit rechtseitiger Hemiplegie und Hemianästhesie verbunden; dagegen können rechtseitige Läsionen der angegebenen Centraltheile völlig symptomlos verlaufen[3]. Die seltenen Fälle, in denen Krankheitsherde auf der rechten Seite des Gehirns mit Sprachstörungen verbunden sind, scheinen regelmäßig bei linkshandigen Menschen vorzu-

---

pitalhirn zu widersprechen scheinen, sind von Ferrier gesammelt worden, Localisation der Hirnerkrankungen, S. 126 ff. Durchaus für dieselbe spricht dagegen der Befund an dem von Donaldson genau untersuchten Gehirn der in frühester Lebenszeit erblindeten Taubstummen Laura Bridgman, einem Gehirn, das übrigens außerdem durch seine ganze Entwicklung dem Stattfinden umfangreicher Stellvertretungen, namentlich im Gebiet der sensorischen Functionen das Wort redet. Vgl. Donaldson, Americ. Journ. of Psych. III, 1890, p. 293. IV, 1892, p. 503 ff. In Bezug auf die Hemianopie sind Charcot und Ferrier der Meinung, dass sie stets von subcorticalen Verletzungen des Gehirns herrühre, während corticale Störungen nur Erblindung auf der entgegengesetzten Seite bedingen sollen. Sie stützen sich dabei aber auf die in Bezug auf ihre pathologisch-anatomischen Grundlagen noch höchst unsicheren Fälle hysterischer Epilepsie. Vgl. Ferrier, Localisation der Hirnerkrankungen, S. 124.

1) Kussmaul, Störungen der Sprache. (Ziemssen's Handb. der spec. Pathologie u. Therapie. XII, Anhang.) Leipzig 1877, S. 102.

2) Vgl. die ausführliche Erörterung der Beobachtungen von Bouillaud, Broca u. A. bei Kussmaul a. a. O. S. 132 f., und in Bezug auf die Betheiligung der Insel de Boyer a. a. O. p. 93, 99.

3) So hat z. B. Trousseau auf 125 Fälle von Aphasie mit rechtseitiger Hemiplegie nur 10 mit linkseitiger gesammelt. Meissner's Jahresber. f. Physiol. 1867, S. 532.

kommen, so dass diejenige Hirnhälfte, deren Function überhaupt überwiegt, auch der ganz oder fast ausschließliche Sitz der centralen Sprachfunctionen zu sein scheint[1]). Uebrigens beobachtet man hier, wie bei allen centralen Störungen von beschränkterem Umfang, dass nach längerer Zeit die Function sich wieder herstellt, auch wenn die ursprüngliche Ursache der Störung fortbesteht; es liegt die Vermuthung nahe, dass in solchen Fällen entweder unversehrt gebliebene Nachbartheile oder die zuvor ungeübte entgegengesetzte Hirnhälfte die Stellvertretung übernommen haben, ähnlich wie nach dem Verlust der rechten Hand die linke auf mechanische Fertigkeiten sich einübt.

Schwieriger als die allgemeine Nachweisung des an den Sprachfunctionen betheiligten Rindengebiets ist die Trennung desselben in diejenigen Theile, welche mit Wahrscheinlichkeit als die Endigungsstätten der motorischen Leitungsbahnen einerseits und der sensorischen anderseits betrachtet werden können. Aus den Fällen, in denen die verschiedenen oben erwähnten Formen der Störung von einander isolirt vorkamen, lässt sich aber schließen, dass die eigentliche oder motorische Aphasie durchaus an Läsionen der dritten Stirnwindung und ihrer nächsten Umgebung gebunden ist. Das Symptom der Worttaubheit scheint dagegen nur dann vorzukommen, wenn die gegenüberliegende erste und zweite Temporalwindung ergriffen ist[2]). Beide Gebiete sind in Fig. 69 mit *D* und *E* bezeichnet. Zugleich lassen manche Beobachtungen vermuthen, dass innerhalb dieses sensorischen Hörcentrums noch weitere Untergebiete vorkommen, indem in gewissen Fällen nur die Auffassung der Worte, nicht aber die eigene Fähigkeit der Bildung von Wortvorstellungen gestört scheint, und ebenso umgekehrt. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, diese symptomatischen Unterschiede irgendwie zu localisiren. Dagegen wurden die Erscheinungen der Wortblindheit mehrfach bei Läsionen beobachtet, die sich vom linken Schläfelappen aus auf den unteren Scheitellappen und die Occipitalwindungen ausbreiteten[3]), eine Thatsache, die augenscheinlich für eine gleichzeitige Betheiligung des Hör- und Sehcentrums an diesen Störungen spricht. Einen näheren Aufschluss über die Leitungssysteme, die in dem Rindengebiet der Sprache mit einander verbunden sind, besitzen wir nicht. Wir können nur aus der complicirten Natur der Sprachfunction und aus der Beobachtung, dass sowohl die Schallempfindung wie die motorische Innervation als solche bei den

1) Ogle, Medico-chirurg. transact. Vol. 54, 1871, p. 279. Neuere Beobachtungen ähnlicher Art s. bei Luciani und Seppilli a. a. O. S. 218.

2) Wernicke, Der aphasische Symptomencomplex. Breslau 1874. Kahler und Pick, Beiträge, S. 24 u. 182. Luciani und Seppilli a. a. O. S. 217 ff.

3) Luciani und Seppilli a. a. O. S. 217 ff. Freund, Archiv f. Psychiatrie XX, S. 276, 371 ff.

aphasischen Zuständen ungestört bleiben können, mit Wahrscheinlichkeit schließen, dass in jenem centralen Sprachfeld weder die nächste Endigung der Acusticusfasern, noch der motorischen Nervenfasern der Sprachmuskulatur sich findet. Vielmehr müssen wir annehmen, dass das sensorische Sprachcentrum erst durch eine intracentrale Bahn mit dem subcorticalen Centrum des Acusticus, sowie vielleicht mit noch andern Rindengebieten desselben, und dass das motorische Sprachcentrum durch eine ebensolche mit den Centren der unmittelbaren Innervation der Sprachmuskeln verbunden ist. Bei den innigen Wechselbeziehungen, die zwischen Schriftbild und Lautbild und wieder zwischen jedem derselben und den motorischen Functionen des Sprechens und Schreibens sich finden, ist außerdem die Annahme geboten, dass in ähnlicher Weise auch den Beziehungen zum Gesichtssinn und zu der beim Schreiben in Thätigkeit gesetzten Muskulatur besondere Rindengebiete entsprechen, die wieder in wechselseitiger Verbindung mit einander stehen. Auf diese Weise erklärt sich zugleich die Erscheinung, dass die Functionshemmung irgend eines jener Centren durch die Thätigkeit eines andern vorübergehend gehoben werden kann [1]). Eine Nachweisung der hierbei vorausgesetzten centralen Leitungsbahnen ist aber noch nicht möglich gewesen [2]), und es kann daher vorläufig nur auf der Grundlage der verschiedenen Formen centraler Sprachstörung ein hypothetisches Schema der Centren und ihrer Verbindungen entworfen werden [2]).

Rindengebiete für den Geruchs- und Geschmackssinn sind beim Menschen bis jetzt nicht nachgewiesen. Dagegen sprechen viele Beobachtungen dafür, dass, in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen an operirten Thieren, die centrosensorischen Regionen des Tastsinns und der Bewegungsempfindungen den centromotorischen Regionen der nämlichen Körpertheile entsprechen. Störungen des Tast- und Muskelsinnes beobachtet man nämlich nach Verletzungen der hinteren Partie der drei Stirnwindungen, der beiden Centralwindungen, des Paracentralläppchens und der beiden oberen Scheitelbogenwindungen. (Vergl. Fig. 45 S. 86.) Die in Fig. 69 und 70 quer schraffirten Stellen können daher gleichzeitig als Schemata für die Ausbreitung dieser sensorischen Leitungsbahnen dienen. Unsicherer ist die Localisation nach den einzelnen Körpergebieten und in Bezug auf die Trennung der Tast- und der Bewegungsempfindungen. In ersterer Hinsicht kann nur als möglich bezeichnet werden, dass trotz der allgemeinen Deckung der sensorischen und motorischen Gebiete doch

1) So beobachtete Grashey (Arch. f. Psychiatrie XVI, S. 684) einen interessanten Fall von Amnesie, in welchem der Patient den Namen eines gesehenen Objectes »schreibend fand«, ihn aber nicht finden konnte, wenn man ihn an der Ausführung von Schreibbewegungen gewaltsam hinderte.

2) Vgl. hierzu das hypothetische Schema der Sprachcentren Fig. 71 Cap. V. No. 6.

im einzelnen beiderlei Centren nicht völlig identisch sind, sondern nur anatomisch und functionell nahe mit einander zusammenhängen. Dafür spricht der Umstand, dass nicht in allen Fällen von Bewegungsstörungen nach Rindenläsionen auch die Hautempfindungen gestört sind. Doch kann dies auch damit zusammenhängen, dass allgemein die Sensibilitätsstörungen weniger intensiv sind als die Bewegungslähmungen. Entschiedener scheinen manche Beobachtungen auf eine centrale Trennung der Bewegungsempfindungen vom Tastsinn hinzuweisen. Es kommen nämlich Fälle vor, in denen die letzteren aufgehoben sind, während die Hautempfindungen sowie die Bewegungen erhalten blieben. Wie es scheint, sind es besonders Affectionen der ersten und zweiten Scheitelwindung, bei denen solche isolirte Störungen der Bewegungsempfindung vorkommen[1]).

Vergleicht man die sämmtlichen Ergebnisse, welche die pathologische Beobachtung über die Beziehung der Großhirnrinde zu den einzelnen Leitungssystemen geliefert hat, mit den aus den Thierversuchen gewonnenen Resultaten, so lässt sich nicht verkennen, dass namentlich in Bezug auf die einigermaßen sichergestellten Thatsachen auf beiden Wegen ein hoher Grad von Uebereinstimmung erzielt ist. So ist vor allen Dingen für die centromotorischen Gebiete bei Menschen und Thieren eine im allgemeinen übereinstimmende Lage nachgewiesen. Insbesondere beim Menschen und Affen sind alle oder fast alle motorischen Punkte in den Centralwindungen in ähnlicher Reihenfolge angeordnet. Das nämliche gilt in Bezug auf die Localisation der Gesichtswahrnehmungen in den Occipitallappen. Lückenhafter sind die Beobachtungen über die übrigen centralen Sinnesgebiete. So ist ein centrales Acusticusgebiet für den Menschen nur in Bezug auf die Sprachfunction in der ersten und zweiten Temporalwindung nachgewiesen. Bei Thieren liegt nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Ferrier, Munk und Luciani das Hörcentrum in den hinteren Partien des Schläfelappens, also in der Nähe jenes sensorischen Sprachcentrums beim Menschen. In Bezug auf die Tast- und Muskelempfindungen stimmen die Beobachtungen an Thieren mit den pathologischen Fällen insoweit überein, als beide eine den zugehörigen Bewegungen unmittelbar benachbarte Localisation der Empfindungen wahrscheinlich machen.

Diesen Uebereinstimmungen zwischen dem Thierexperimente und der pathologischen Beobachtung stehen anderseits manche, wenn auch unerheblichere Verschiedenheiten gegenüber. Zunächst scheinen die einzelnen Rindencentren, namentlich die sensorischen, beim Menschen schärfer

1) Exner a. a. O. S. 63 ff. Luciani und Seppilli a. a. O. S. 324 ff. Bezüglich der Störungen der Bewegungsempfindungen vgl. außerdem Nothnagel, Topische Diagnostik S. 465 ff.

begrenzt zu sein als bei den Thieren. Diese Differenz könnte jedoch leicht nur eine scheinbare sein, da in Bezug auf die Empfindungsstörungen beim Menschen eine schärfere Functionsprüfung möglich ist. Ein gewisses Uebereinandergreifen der verschiedenen Rindenzonen scheint auch hier vorhanden zu sein, und in Fig. 69 ist daher namentlich in Bezug auf die motorischen Zonen und die Centren der höheren Sinne ein größerer Irradiationskreis um jedes einzelne Centrum anzunehmen. Hiernach gibt es beim Menschen wie beim Thier eine Region der Hirnrinde, deren Verletzung gleichzeitige Störungen in allen Sinnesgebieten hervorbringen kann. Es ist dies die in Fig. 69 mit *F* bezeichnete hintere Partie des Scheitellappens[1]). Ein zweiter wahrscheinlich auf wirklichen Differenzen in der relativen Bedeutung der einzelnen Centralgebiete beruhender Unterschied besteht darin, dass die nach Rindenläsionen eintretenden Functionsstörungen im allgemeinen beim Menschen schwerer sind als bei den Thieren, wie denn auch ähnliche Unterschiede schon bei diesen, z. B. zwischen Hund und Kaninchen, vorkommen. Diese Thatsache weist darauf hin, dass die subcorticalen Centren einen um so selbständigeren Functionswerth besitzen, je niedriger organisirt ein Gehirn ist[2]). Trotzdem bleibt der Charakter der durch Rindenläsionen gesetzten Störungen bei Mensch und Thier ein übereinstimmender. Niemals bestehen dieselben in einer absoluten Aufhebung der Function, niemals also sind sie äquivalent der Unterbrechung einer peripherischen Leitungsbahn. Am nächsten kommen einem solchen Erfolg die Lähmungen nach Zerstörung der centromotorischen Zonen, namentlich beim Menschen. Doch auch sie unterscheiden sich wesentlich durch die rasche Restitutionsfähigkeit der Function. Die Sinnesstörungen endlich sind stets centralerer Art. Entweder bleibt die Empfindung, oder es bleibt doch eine Reactionsfähigkeit auf Sinneseindrücke erhalten. Am meisten verrathen sich diese Eigenthümlichkeiten der centralen Störungen in den Erscheinungen der Aphasie, der Worttaubheit und Wortblindheit. Darum ist es nicht unwahrscheinlich, dass es sich in diesen Fällen um die Verletzung höherer Centralregionen handelt, in denen eine Sammlung der Leitungsbahnen verschiedener Sinnesgebiete stattfindet, deren jedes wieder für sich in einem besonderen Rindengebiete vertreten ist.

Bei der oben angegebenen Zusammenstellung der über die Leitungssysteme der Großhirnrinde bis jetzt gewonnenen Ergebnisse ist mit Rücksicht auf die

1) Diese Stelle entspricht dem von Ferrier angenommenen Sehcentrum. Munk betrachtet sie als specielles Centrum der Tast- und Muskelempfindungen des Auges und nennt sie daher die Augengegend. Vgl. Luciani und Seppilli a. a. O. S. 393.

2) Vgl. hierüber unten Cap. V, Nr. 6.

Schwierigkeiten der Untersuchung der Grundsatz befolgt worden, dass nur diejenigen Thatsachen als einigermaßen sichergestellt betrachtet werden dürfen, welche entweder von mehreren Beobachtern bestätigt sind, oder in Bezug auf welche die auf verschiedenen Wegen gewonnenen Resultate übereinstimmen. Die nämlichen Rücksichten sind bei der Deutung der Erscheinungen maßgebend gewesen. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass in Bezug auf die letztere namentlich zwischen den verschiedenen physiologischen Beobachtern nicht unerhebliche Differenzen bestehen. Zunächst haben die centromotorischen Reiz- und Ausfallserscheinungen insofern eine von der oben gegebenen abweichende Deutung erfahren, als man dieselben ausschließlich auf die Tastempfindlichkeit bezog, und also in den betreffenden Stellen lediglich centrosensorische Gebiete vermuthete. Diese Annahme wurde zuerst von Schiff[1]) ausgesprochen, welchem sich dann Meynert[2]) und Hermann Munk[3]) anschlossen. Von Schiff wurde namentlich hervorgehoben, dass die Reizbewegungen in der Aether- und Chloroformnarkose nicht eintreten. Hiergegen ist jedoch zu bemerken, dass gerade diese Anästhetica (verschieden von dem Morphium) auch auf die motorische Nervensubstanz einwirken, während anderseits die Reizsymptome bei der Erregung sensorischer Rindenstellen sich meistens deutlich unterscheiden, so dass Ferrier[4]) sich sogar der Reizung als diagnostischen Hülfsmittels für diesen Fall bedienen konnte, ein Verfahren, welches allerdings nur unter sorgfältiger Zuhülfenahme der Ausfallssymptome verwerthbar ist. Munk ist zu der Annahme ausschließlich sensorischer Functionen der Rinde durch die Beobachtung geführt worden, dass umfangreiche Rindenzerstörungen in den vorderen Hirntheilen Anästhesie im Gefolge haben. Doch beweist dies, wie schon oben bemerkt wurde, noch keineswegs, dass nicht in denselben Regionen, in unmittelbarer Nachbarschaft der Vertretungen für den Tastsinn, die den gleichen Körpertheilen zugehörigen motorischen Stellen gelegen sein können. In der That scheint sich Munk's eigene Ansicht kaum wesentlich hiervon zu entfernen. Er polemisirt dagegen, dass man den »Willen« localisire, da wir in uns nur eine Bewegungsvorstellung wahrnehmen. Selbstverständlich fällt die Frage, was der Wille sei, nicht der physiologischen, sondern der psychologischen Untersuchung anheim. Die erstere hat nur zu ermitteln, an welchen Stellen des Gehirns centromotorische Leitungsbahnen endigen. Hier kann nun aber nach den pathologischen Erfahrungen kein Zweifel sein, dass beim Menschen motorische Erregungen von automatischem Charakter an die Erhaltung bestimmter Rindengebiete in den Centralwindungen gebunden sind. Da nun bei Thieren jene Stellen, welche wir als centromotorische deuteten, eine im Ganzen entsprechende Lage besitzen und überdies die Reizungs- und Ausfallserscheinungen in allen wesentlichen Punkten dem gleichen, was man in den analogen Fällen beim Menschen beobachtet, so kann die Berechtigung jener Deutung kaum zweifelhaft sein. Es muss übrigens hier schon darauf hingewiesen werden, dass man ebenso wenig das Recht hat, von einer »Localisation des Willens« in der Hirnrinde zu reden, wie man die dritte Stirnwindung und ihre

---

1) Archiv f. experim. Pathologie III, 1874, S. 171.
2) Meynert, Psychiatrie. Wien 1884, S. 145.
3) Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1878, S. 171. Ueber die Functionen der Großhirnrinde 1881, S. 44.
4) Die Functionen des Gehirns, S. 161 f.

Umgebung als den Sitz des »Sprachvermögens« betrachten darf. Niemand wird, weil die Herausnahme einer Schraube ein Uhrwerk zum Stillstande bringt, behaupten, diese Schraube halte die Uhr im Gang. Der Wille ist eine Function, welche mannigfache psychologische und darum wohl auch physiologische Vorbedingungen, insbesondere Empfindungen voraussetzt. Die Annahme, dass eine solche Function an einzelne Elemente ausschließlich gebunden sei, ist im äußersten Grade unwahrscheinlich. Auch folgt ja aus den Beobachtungen nur dies, dass diejenigen Stellen der Hirnrinde, welche wir als centromotorische ansprechen, Uebergangsglieder enthalten, die für die Ueberleitung der Willensimpulse in die motorischen Nervenbahnen unerlässlich sind. Die anatomischen Thatsachen machen es überdies sehr wahrscheinlich, dass in jenen Stellen die nächsten Uebergangsglieder aus der Hirnrinde in die centralen Leitungsbahnen gelegen sind.

Auf die Abweichungen, die noch bezüglich der Lage centrosensorischer Stellen zwischen den Angaben verschiedener Beobachter bestehen, wurde oben schon hingewiesen. Die auf anatomischem Wege gewonnene Vermuthung Meynert's, dass der Occipitallappen die Endigungen der Tastnerven enthalte[1], ist wohl allgemein verlassen, da hier physiologische und pathologische Thatsachen in gleicher Weise auf die oben bezeichneten, weiter nach vorn gelegenen Hirntheile hinweisen, deren Gebiet aber namentlich gegenüber den centromotorischen Gebieten sowie hinsichtlich der Scheidung der Bewegungs- von den Hautempfindungen noch nicht hinreichend sicher begrenzt ist. Ferner ist durch die Erscheinungen der Hemianopie und der Worttaubheit bei centralen Läsionen die Rinde des Occipitallappens zweifellos als centrale Sehfläche, die des Schläfelappens als Hörcentrum anzuerkennen. Immerhin bleiben auch hier einige Punkte noch der näheren Aufklärung bedürftig; so namentlich die Frage, ob das Rindengebiet, dessen Zerstörung die Worttaubheit hervorbringt, mit dem Hörcentrum für andere Schalleindrücke zusammenfällt oder nicht; ebenso bedarf die Frage nach dem Verhältniss des an der Wortblindheit betheiligten Centrums zu dem allgemeinen Sehcentrum noch der Aufklärung. Dass je nach dem mehr oder minder verwickelten Zusammenfluss intracentraler Leitungsbahnen auch in Bezug auf den Grad der complexen Beschaffenheit ihrer Function zwischen verschiedenen Rindengebieten Unterschiede existiren, ist wohl kaum zu bezweifeln. Wenn aber Munk alle diese Unterschiede auf die zwei Functionen der Empfindung und der Aufbewahrung von Erinnerungsbildern zurückführt, so beruht dies zum mindesten auf einer unzulänglichen psychologischen Interpretation physiologischer Versuchsergebnisse. Eine völlige Aequivalenz der die Empfindungen vermittelnden centralen Sinnesflächen und der peripherischen Sinnesorgane, wie sie Munk behauptet, hat sich durchgängig in anderen Beobachtungen nicht bestätigt gefunden. Auch die Erscheinungen der Hemianopie bilden in dieser Beziehung keine Ausnahme. Handelt es sich doch bei ihnen um eine partielle Aufhebung der räumlichen Wahrnehmung, die, wie wir später sehen werden, ein complexer Vorgang ist, der außer den Netzhautempfindungen zahlreiche andere psychische Elemente voraussetzt. Auch wenn man, wie es von Wernicke[2]) im Anschlusse an Munk's Auffassung geschieht, in der Großhirnrinde das »Organ des Bewusstseins« erblickt, so führt

1) Vgl. oben S. 134 Anm. 2.
2) Wernicke, Gehirnkrankheiten I, S. 188.

dies zu der Ansicht, dass kein Rindengebiet bloßes Empfindungscentrum sein kann, da in dem Bewusstsein thatsächlich nur complexe Vorstellungen existiren. Unverkennbar ist jene physiologische Auffassung, welche in der Hirnrinde ein Nebeneinander centraler, den peripherischen Sinnesorganen äquivalenter Sinnesflächen sieht, wesentlich von dem Structurbilde beeinflusst, das zuerst Meynert von den Centralorganen entworfen hat. In seinem »Projectionssystem« sah Meynert ein System von Leitungsbahnen, durch welches die äußeren Sinneseindrücke unmittelbar auf die centralen Sinnesflächen »projicirt« würden, während die Beziehungen der verschiedenen Eindrücke zu einander dann erst durch das »Associationssystem« vermittelt werden sollten [1]). Schon die von Meynert selbst hervorgehobene mehrfache Vertretung der Körperorgane im Centralorgan steht mit dieser einfachen Anschauung nicht im Einklang, in der überdies den mannigfachen Verbindungen der Bahnen des Projectionssystems und den Unterbrechungen durch untergeordnete Centren nicht Rechnung getragen ist. Es ist klar, dass über die Bedeutung dieser Unterbrechungen und Verbindungen nur die functionelle Beobachtung entscheiden kann. Die gewichtigen Zeugnisse, welche sie gegen die Hypothese der einfachen Projection beibringt, sind theils oben hervorgehoben, theils werden dieselben im folgenden Capitel näher erörtert werden.

Nach dem Eintritt in das Leitungssystem der Großhirnrinde sind die bei den niederen Wirbelthieren fast ganz fehlenden, bei den höheren immer vollständiger werdenden Kreuzungen der Leitungsbahnen vollendet. Diese Kreuzungen sind, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, theils totale, theils partielle. Eine totale Kreuzung erfahren nach den Ergebnissen der functionellen Prüfung die directen motorischen Leitungsbahnen zur Großhirnrinde sowie die entsprechenden sensorischen des Tastsinns; eine partielle ist an den Endigungen der Sehnervenfasern in der Occipitalrinde mit Sicherheit nachgewiesen. Alle diese Kreuzungen scheinen aber nur bei denjenigen Leitungssystemen vorzukommen, welche der unmittelbaren Vertretung der Muskelgruppen und Sinnesflächen in der Großhirnrinde bestimmt sind, wogegen solche Centren, die den Zusammenhang intracentraler Bahnen vermitteln, in beiden Hirnhälften gleichmäßig angelegt, wohl aber bisweilen in der einen mehr ausgebildet zu sein scheinen, ähnlich wie z. B. jede unserer Hände zu gewissen mechanischen Verrichtungen in gleicher Weise angelegt, doch aber die eine, meistens die rechte, vorzugsweise in denselben geübt ist. Auf ein derartiges Verhältniss weisen offenbar die Beobachtungen über die anatomischen Grundlagen der Aphasie hin. Darum kann bei der letzteren die entgegengesetzte Hirnhälfte stellvertretend die Function übernehmen, während bei den einfachen Empfindungs- und Bewegungslähmungen in Folge von Rindenläsionen wahrscheinlich die umgebenden Provinzen der nämlichen Seite vicariirend eintreten. Dies zeigen auch die Versuche von Carville und Duret [2]), nach denen die Function sich wiederherstellte, auch wenn die motorischen Stellen beider Hirnhälften exstirpirt worden waren. Endlich ist zu vermuthen, dass es neben den directeren Endigungen der Empfindungs- und Bewegungsfasern, welche vollständig sich kreuzen, noch andere gibt, die ihre nächste Endigung in den verschiedenen Hirnganglien finden, dann aber ebenfalls durch besondere Fasersysteme des Stabkranzes in

1) Meynert, Zur Mechanik des Gehirnbaus. Wien 1874. Psychiatrie, S. 126 ff.
2) Carville et Duret, Arch. de physiol. 1875, p. 352.

der Großhirnrinde vertreten sind. Da nun namentlich die in die Vier- und Sehhügel eintretenden Fasern, wie wir oben sahen, nur partiell gekreuzt sind, so ist zu vermuthen, dass auch die weiteren Leitungsbahnen aus diesen Ganglien zur Großhirnrinde auf jeder Hirnhälfte beiden Körperseiten zugeordnet seien. Auf partielle Kreuzungen motorischer Bahnen weisen auch die anatomischen Untersuchungen über den Verlauf der Pyramidenfasern hin [1]). Nach dem Ergebniss der physiologischen und namentlich der pathologischen Beobachtungen können aber hier die auf der gleichen Seite verbleibenden Bahnen in der Regel nicht der Fortpflanzung der directen motorischen Erregungen dienen.

Der Versuch, diesen mannigfachen Systemen der Faserkreuzung ein physiologisches Verständniss abzugewinnen, muss von der partiellen Kreuzung ausgehen. Diese hat bei der Hauptbahn des Sehnerven offenbar die Bedeutung, dass sie die physiologisch einander zugeordneten Netzhautpunkte in ihren centralen Vertretungen einander auch räumlich nahe bringt: darum entspricht jede der beiden centralen Sehflächen nicht je einer Netzhautfläche, sondern den einander correspondirenden Theilen der beiden Netzhäute. Wenn die in dem nächsten Capitel zu entwickelnde Vorstellung Annahme findet, dass die Hirnganglien theils zusammengesetzte Reflex-, theils Coordinationsapparate sind, so werden die in ihnen eintretenden Verbindungen von Fasersystemen beider Körperhälften offenbar eine ähnliche Deutung zulassen, und man wird so überhaupt in den partiellen Kreuzungen wohl die Grundlagen der associirten Function der Sinnesorgane und Muskelgruppen beider Körperhälften sehen dürfen.

Schwerer ist es, über die Ursache der totalen Kreuzungen und der völlig einseitigen Ausbildung gewisser Centren Rechenschaft zu geben. Sobald einmal die Fasern einer Körperhälfte ganz oder vorzugsweise nur auf einer Seite des Gehirns endigen, so würde das einfachste Verhältniss offenbar dieses sein, dass die Hauptvertretung auf der nämlichen Seite stattfände, wie solches in der That bei den niedersten Wirbelthieren der Fall zu sein scheint. Wenn nun dieses Verhältniss bei eintretender Vervollkommnung der Organisation sich umkehrt, so liegt es nahe, hier an die bei allen höheren Thieren vorhandene, bei den Säugethieren aber am meisten ausgeprägte Asymmetrie der Ernährungsorgane zu denken. Die einzelnen asymmetrischen Lagerungsverhältnisse der letzteren sind bekanntlich aufs innigste wieder unter einander verbunden. Die rechtseitige Lage der Leber führt es mit sich, dass die großen Behälter des venösen Blutes ebenfalls auf die rechte Seite zu liegen kommen, wodurch dann dem Arteriensystem die Lage auf der linken zufällt. In den seltenen Fällen, wo eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Lagerung eintritt (beim sogenannten situs transversus viscerum), kehrt darum auch meist das Lageverhältniss aller asymmetrischen Organe sich um. Die Centralorgane des Kreislaufs sind es nun, die vorzugsweise des Schutzes bedürfen, daher die meisten Säugethiere im Kampf mit ihren Feinden vorzugsweise die rechte Seite nach vorn kehren, eine Gewohnheit, die auf die kräftigere Entwicklung der rechtseitigen Muskeln begünstigend zurückwirken muss. Beim Menschen macht die aufrechte Stellung die Centralorgane des Kreislaufs des Schutzes vorzugsweise bedürftig, erleichtert aber gleichzeitig die Gewährung desselben. Anderseits ist es wahrscheinlich, dass die linkseitige Lagerung der Kreislaufsorgane eine stärkere Ausbildung der

1) Vgl. oben S. 106.

gleichseitigen Gehirntheile mit sich führt. In der That scheint nach Beobachtungen, die allerdings noch der Bestätigung bedürfen, die linke Hirnhemisphäre theilweise in ihrer Entwicklung der rechten vorauszueilen[1]). Da nun der stärkeren Körperhälfte die entwickeltere Hirnhälfte entsprechen muss, so wird es im allgemeinen begreiflich, dass die peripherischen Bahnen der rechten Seite vorzugsweise auf der linken Seite des Centralorgans, jene der linken auf der rechten vertreten sind, und dass dem entsprechend, wie dies schon LEYDEN und OGLE vermutheten, bei den doppelt angelegten Centren, wie bei dem Sprachcentrum, dasjenige der linken Seite vorzugsweise eingeübt ist[2]). Natürlich ist dieser Erklärungsversuch hypothetisch. Eine Ableitung der Kreuzungen aus mehr zufälligen mechanischen Bedingungen während der Entwicklung, wie sie FLECHSIG[3]) andeutete, scheint mir aber mit den oben berührten physiologischen Verhältnissen, welche die partielle Kreuzung begleiten, nicht wohl vereinbar zu sein.

Fünftes Capitel.

Physiologische Function der Centraltheile.

Wäre uns der Verlauf und Zusammenhang aller nervösen Leitungsbahnen bekannt, so würde zur Einsicht in die physiologische Function der Centraltheile doch eine Bedingung noch fehlen: die Kenntniss des Einflusses, welchen die centrale Gangliensubstanz auf die Innervationsvorgänge ausübt. Dieser Einfluss lässt sich nur bestimmen, indem man die Function der Centraltheile direct durch die Beobachtung zu ermitteln sucht.

Zwei Wege lassen sich nun einschlagen, um über die verwickelten

1) Die Stirnwindungen sollen sich nach GRATIOLET links schneller ausbilden als rechts, am Hinterhaupte scheint das entgegengesetzte stattzufinden (Anatomie comparée du système nerveux II, p. 241). ECKER bezweifelt jedoch die von GRATIOLET angegebenen Unterschiede (Archiv f. Anthropologie III, S. 215), und ebenso konnte W. BRAUNE die Angabe OGLE's, dass fast ausnahmslos die linke Hemisphäre schwerer als die rechte sei, nicht bestätigen. (OGLE, Medico-chirurgical transactions, LIV, 1871, p. 279. BRAUNE, Archiv f. Anatomie. 1891, S. 253.) Eine leicht zu bestätigende Thatsache ist es dagegen, dass bei allen Primaten die Furchen am Vorderhirn asymmetrischer angeordnet sind als am Occipitaltheil. Auch besitzen nach BROCA die linken Frontalwindungen in der Regel eine verwickeltere Beschaffenheit. Dem entsprechen die Beobachtungen BROCA's und P. BERT's über die Temperaturunterschiede der verschiedenen Kopfregionen beim Menschen, wonach die linke Stirnhälfte durchschnittlich wärmer als die rechte und der Stirntheil wärmer als der Occipitaltheil des Kopfes ist. Bei intellectuellen Anstrengungen bleibt dieses Verhältniss bestehen, während zugleich die Temperatur beider Kopfhälften steigt. (P. BERT, Société de biologie, 19. Janv. 1879.)

2) LEYDEN, Berliner klin. Wochenschrift 1867, No. 7. OGLE a. a. O.

3) FLECHSIG, Die Leitungsbahnen, S. 205 Anm.

Functionen des centralen Nervensystems einen Ueberblick zu gewinnen: man kann entweder die Erscheinungen nach ihrer physiologischen Bedeutung ordnen, oder man kann, von der anatomischen Gliederung ausgehend, die gesonderte Function jedes einzelnen Centraltheils darzustellen suchen. Es versteht sich von selbst, dass der erstere Weg der vorzüglichere sein würde, nicht bloß weil er den physiologischen Gesichtspunkt in den Vordergrund stellt, sondern auch deshalb, weil es schon nach der Untersuchung der Leitungsbahnen zweifelhaft erscheinen muss, ob jedem der Haupttheile, welche die Anatomie unterscheiden lässt, auch ein abgegrenztes Functionsgebiet entspreche. Aber bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse ist jener physiologische Gesichtspunkt nur sehr unvollständig durchzuführen. Nur bei den zwei niedrigsten Centralorganen, dem Rückenmark und verlängerten Mark, ist er einigermaßen anwendbar, indem sich hier die sämmtlichen Erscheinungen auf zwei physiologische Grundfunctionen zurückführen lassen, auf reflectorische und auf automatische Erregungen, wobei die letzteren oft unmittelbar aus nutritiven Einflüssen, die vom Blute ausgehen, abzuleiten sind. Nun ist es zwar kaum zu bezweifeln, dass aus den nämlichen Grundfunctionen auch die physiologischen Verrichtungen der höheren Centraltheile hervorgehen; zugleich ist aber hier der Zusammenhang der Erscheinungen ein so verwickelter und die Deutung derselben häufig so unsicher, dass es bis jetzt noch geboten erscheint, jedes einzelne Centralgebiet für sich in Bezug auf seine physiologischen Eigenschaften zu prüfen. Demnach wollen wir zunächst eine allgemeine Betrachtung der reflectorischen und der automatischen Erscheinungen voranstellen, wobei zugleich die Functionen der niedrigeren Centralgebiete vollständig erörtert werden können; hieran soll dann die physiologische Untersuchung des Gehirns und seiner Theile in der Reihenfolge von unten nach oben sich anschließen. Wir werden hier diejenigen Gebilde übergehen können, die, wie die Brücke, der Hirnschenkel, der Stabkranz, wesentlich nur der Leitung der Innervationsvorgänge bestimmt sind und darum schon im vorigen Capitel ihre Erledigung gefunden haben.

Die Methoden, welche bei der functionellen Prüfung der Centralorgane zur Anwendung kommen, fallen im allgemeinen mit den in der vorigen Untersuchung befolgten zusammen. Der physiologische Versuch und die pathologische Beobachtung sind gleichzeitig zu Rathe zu ziehen, und bei beiden kann es wieder um Reizungs- oder um Ausfallssymptome sich handeln. Nur bringen es die näheren Bedingungen der Erscheinungen mit sich, dass bei dem allgemeinen Studium der Reflexe und der automatischen Erregungen vorzugsweise Reizversuche benutzt werden, während die functionelle Analyse der einzelnen Hirntheile fast allein auf die Ausfallssymptome sich stützen muss, die der partiellen oder vollständigen

Beseitigung der Organe nachfolgen. Hierbei bestehen die Ausfallssymptome in den schon im vorigen Capitel (S. 94) hervorgehobenen Erscheinungen der Anästhesie und Hemianästhesie, der Paralyse, Parese und ihrer halbseitigen Formen oder endlich in ataktischen Störungen.

1. Reflexfunctionen.

Die einfachste Form centraler Function ist die Reflexbewegung, denn sie ist der einfachen Leitung der Reizungsvorgänge noch am meisten verwandt. Insofern er eine besondere Form der Leitung ist, haben wir den Reflexvorgang im vorigen Capitel besprochen. Aber schon bei ihm kommt der Einfluss der centralen Substanz in mehrfacher Weise zur Geltung. Zunächst werden die Reflexe nicht wie die Reizungsvorgänge in den Nervenfasern nach beiden Seiten, sondern nur in der einen Richtung von der sensorischen nach der motorischen Bahn hin geleitet[1]). Sodann machen sich in ihrer Abhängigkeit von den Reizen, durch die sie verursacht sind, deutlich die eigenthümlichen Erregbarkeitsverhältnisse der grauen Substanz geltend. Schwache und kurz dauernde Reize rufen meistens keine Reflexbewegungen hervor; sobald diese aber eintreten, können sie die durch den gleichen Reiz bewirkte directe Muskelzuckung an Stärke und Dauer weit übertreffen. Endlich spricht sich die centrale Natur dieser Vorgänge in der Abhängigkeit aus, in der sich die Reflexcentren von andern centralen Gebieten, mit denen sie in Verbindung stehen, befinden. Längst ist beobachtet, dass durch Wegnahme des Gehirns die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks gesteigert wird. Von den höheren Centralorganen scheinen also fortwährend Einflüsse auszugehen, welche die Reizbarkeit der tiefer gelegenen Reflexcentren vermindern. Man pflegt solche Einflüsse allgemein als hemmende Wirkungen zu bezeichnen. Eine stärkere Hemmung erfahren meistens die Reflexcentren,

1) Zuweilen hat man zwar auch einen Uebergang der Erregungen von der motorischen auf die sensorische Nervenbahn, eine sogenannte Reflexempfindung, angenommen. Aber die hierher gezählten Erscheinungen gehören zum Theil, wie die Empfindung der Anstrengung bei der Muskelbewegung, in ein ganz anderes Gebiet, zum Theil sind sie überhaupt zweifelhafter Natur. Vgl. Volkmann, Nervenphysiologie in Wagner's Handwörterbuch der Physiol. II. S. 530. Angemessener würde wohl der Ausdruck »Reflexempfindungen« auf diejenigen Empfindungen anzuwenden sein, die durch Reizung einer sensibeln Hautstelle an einer andern sensibeln Hautstelle entstehen. Solche Mitempfindungen zeigen, wie Kowalewsky beobachtete, bestimmte regelmäßige Beziehungen zwischen dem Ort der primären Reizung und dem Ort der Secundärempfindung. Beide Orte gehören stets der gleichen Körperseite an, und die Mitempfindung ist außerdem durch ihre Schmerzqualität sowie durch ihr rasches Entstehen und Verschwinden ausgezeichnet. (Aus dem Russ. in Hofmann und Schwalbe, Jahresber. f. Physiol. 1884, S. 26.)

wenn irgend welche andere sensorische Centraltheile, mit denen sie zusammenhängen, gleichzeitig gereizt werden. Der durch Erregung einer sensibeln Rückenmarkswurzel oder ihrer peripherischen Ausbreitung ausgelöste Reflex wird also gehemmt, wenn man gleichzeitig entweder gewisse Centraltheile, wie die Hinterstränge des Rückenmarks, die Vier- und Sehhügel, oder eine andere sensible Wurzel oder endlich peripherische Organe erregt, in denen Empfindungsnerven sich ausbreiten[1]). Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der Einfluss der Großhirnhemisphären demselben Gebiet von Erscheinungen zugehört, indem auch er wahrscheinlich von den Endigungen der sensorischen Leitungsbahnen in der Hirnrinde ausgeht. Hiernach dürfte der Mechanismus der Reflexhemmung überall ein übereinstimmender sein: Reflexe werden gehemmt, wenn die sensorischen Zellen, welche ihre Erregung auf motorische übertragen sollen, gleichzeitig von andern sensorischen Gebieten her in einer gewissen Stärke erregt werden.

Die einfache Reflexbewegung ist ein Vorgang, welcher an und für sich den niedrigeren Centralgebieten des Nervensystems zufällt. Denn eine sensible Reizung wird auf eine motorische Bahn da am leichtesten und unter den einfachsten Bedingungen übergehen, wo sensible und motorische Nervenkerne nahe bei einander gelagert und durch Centralfasern verbunden sind. Diejenigen Theile des Centralorgans, aus welchen unmittelbar einander zugeordnete Empfindungs- und Bewegungsnerven hervortreten, also das Rückenmark und das verlängerte Mark, sind daher auch vorzugsweise der Sitz der Reflexaction. Wie das Rückenmark in seiner ganzen Länge ein gleichförmiges Ursprungsgesetz seiner Nerven zeigt, so verhalten sich die von demselben ausgehenden Reflexe gleichförmig, indem sie lediglich nach den früher erörterten Leitungsgesetzen mit wachsendem Reiz oder wachsender Reizbarkeit sich ausbreiten (S. 104). Von verwickelterer Beschaffenheit sind die Reflexe, welche dem verlängerten Mark angehören. Dieses Organ ist der Sitz einer Anzahl zusammengesetzter Reflexbewegungen, denen bei verschiedenen physiologischen Functionen eine wichtige Rolle zukommt. Hierher gehören namentlich die Bewegungen des Ein- und Ausathmens sowie einige mit ihnen nahe zusammenhängende Vorgänge, wie das Husten, Niesen, Erbrechen, ferner die Muskelwirkungen beim Schluckacte, die mimischen Bewegungen, die Herzbewegungen und die Gefäßinnervation. Viele dieser Reflexe stehen in inniger Wechselbeziehung, worauf schon der Umstand hinweist, dass die peripherischen Bahnen für die verschiedenen Reflexe vielfach in den nämlichen Nervenstämmen

---

1) Die näheren Bedingungen dieser Reflexhemmung werden wegen ihrer Bedeutung für die physiologische Mechanik der Nervencentren unten in Cap. VI besprochen.

verlaufen. Einzelne der genannten Vorgänge, wie die Athmungs- und Herzbewegungen, erfolgen, da sie gleichzeitig von andern Ursachen abhängen, auch dann noch, wenn die Reflexbahnen unterbrochen sind; die Vorgänge stehen daher in diesem Fall nur unter dem mitbestimmenden Einflusse des Reflexes. Andere, wie die Schluckbewegungen, scheinen *reine* Reflexe zu sein, indem sie durch Unterbrechung der sensibeln Leitung zu dem Reflexcentrum aufgehoben werden, auch wenn die motorische Leitung zu den Muskeln, die der betreffenden Bewegung vorstehen, unversehrt geblieben ist. Alle diese durch das verlängerte Mark vermittelten Reflexe unterscheiden sich von den Rückenmarksreflexen dadurch, dass die sensibeln Reize in der Regel sogleich auf eine größere Zahl motorischer Bahnen übergehen. Schon bei schwachen Reizen ist deshalb die Bewegung ausgebreiteter, indem entweder gleichzeitig oder successiv verschiedene Muskelgruppen in Action versetzt werden. Viele sind daher auch von vornherein bilateral, breiten sich nicht erst bei starken Reizen auf die andere Seite aus. So sind an den Athembewegungen, welche durch Erregung der Lungenausbreitung des zehnten Hirnnerven ausgelöst werden, stets motorische Wurzeln betheiligt, die beiderseits aus der medulla oblongata sowie aus dem Hals- und Brusttheil des Rückenmarks entspringen. Zugleich ist die Athembewegung das Beispiel eines Reflexes, der vermöge einer Art von Selbststeuerung den Grund zu seiner fortwährenden rythmischen Wiederholung in sich trägt. Während nämlich das Zusammensinken der Lunge bei der Exspiration reflectorisch die Inspiration in Wirkung versetzt, erregt umgekehrt die Aufblähung der Lunge bei der Inspiration die Exspirationsmuskeln. Ist der bei der Einathmung stattfindende Reflexantrieb der Exspiratoren zu schwach, um eine active Anstrengung derselben hervorzubringen, so hemmt er nur die antagonistischen Inspiratoren. Dies ist der Fall bei der gewöhnlichen ruhigen Athmung, bei der nur die Inspiration, nicht die Exspiration mit activer Muskelanstrengung verbunden ist. Durch eine andere Weise der Selbstregulirung scheint bei den Schluckbewegungen die regelmäßige Aufeinanderfolge der Vorgänge vermittelt zu sein. Der Act des Schluckens besteht in Bewegungen des Gaumensegels, des Kehlkopfs, des Schlundes und der Speiseröhre, die, sobald ein Reiz auf die Schleimhaut des weichen Gaumens einwirkt, in regelmäßiger Zeitfolge sich an einander reihen. Vielleicht wird in diesem Fall die Succession der Bewegungen dadurch bewirkt, dass die Reizung des weichen Gaumens zunächst nur die Bewegung der Gaumenmuskeln auslöst, dass aber die letztere selbst wieder ein Reiz ist, welcher reflectorisch die Hebung des Kehlkopfes und die Contraction der Schlundmuskeln hervorbringt. So sind wahrscheinlich alle diese Reflexe des verlängerten Marks, deren nähere Schilderung wir

übrigens der Physiologie überlassen müssen, ausgezeichnet durch die Combination von Bewegungen zur Erzielung bestimmter Effecte, wobei die Art der Combination oft durch eine Selbstregulirung zu Stande kommt, die in der wechselseitigen Beziehung mehrerer Reflexmechanismen begründet liegt. Eine weitere bemerkenswerthe Eigenschaft dieser Reflexe besteht darin, dass die motorische Bahn einer bestimmten Reflexbewegung zuweilen noch mit einer zweiten sensibeln Bahn in Verbindung steht, von der aus nun die nämliche Bewegung angeregt werden kann. Insbesondere von den Centren der Athmung erstrecken sich solche sensorische Seitenbahnen, durch welche das combinirte Zusammenwirken der Respirationsmuskeln auch noch zu andern Zwecken als denen der Luftfüllung und Luftentleerung der Lunge nutzbar gemacht wird. Hierher gehört die Verbindung der sensibeln Nerven der Kehlkopf- und Luftröhrenschleimhaut (des obern und theilweise auch des untern Kehlkopfnerven) sowie der in der Nase sich ausbreitenden Zweige des fünften Hirnnerven mit dem Centrum der Exspiration. Reizung jener sensibeln Gebiete bewirkt daher zuerst Hemmung der Einathmung und dann heftige Ausathmung. Der letzteren geht aber, weil die unten zu erwähnenden Einflüsse automatischer Erregung fortdauern, eine kräftige Inspiration als nächste Folge der entstandenen Hemmung voran. So sind demnach Husten und Niesen Exspirationsreflexe, die aber nicht von dem sensibeln Gebiet der Ausbreitung des Lungenvagus aus erregt werden, von welchem der gewöhnliche Antrieb zur Exspiration ausgeht. Beide unterscheiden sich dadurch, dass die Reizung der Nasenäste des Trigeminus immer neben den Respirationsmuskeln zugleich den motorischen Angesichtsnerven, den Facialis, zum Reflex anregt. Hierdurch bildet dieser Reflex den unmittelbaren Uebergang zu den mimischen Reflexen des Lachens, Weinens, Schluchzens u. s. w., bei denen sich ebenfalls die Antlitz- mit den Respirationsmuskeln zu combinirter Thätigkeit vereinigen [1]). Wie von dem Centrum der Exspiration eine sensible Seitenbahn zur Schleimhaut der Luftwege geht, so führt eine ähnliche vom Centrum der Inspiration zur allgemeinen Körperbedeckung. Man erklärt sich auf diese Weise die Inspirationsbewegungen, welche starke Reizung, namentlich Kältereizung, der Haut herbeiführt.

Aber nicht nur ist insgemein in der medulla oblongata eine bestimmte motorische Reflexbahn mit verschiedenen sensorischen Bahnen verknüpft, sondern es kann auch umgekehrt eine und dieselbe sensorische Bahn mit mehreren Reflexcentren in Verbindung treten, so dass bei ihrer Reizung verschiedenartige Bewegungsreflexe gleichzeitig entstehen. Hierher gehören

---

1) Diese sowie die übrigen mimischen Reflexe werden wegen ihrer vorwiegend psychologischen Bedeutung bei den Ausdrucksbewegungen (Abschnitt V, Cap. XXII) näher besprochen werden.

schon die oben erwähnten mimischen Reflexe, bei denen sich Athmungsbewegungen mit Bewegungen der Antlitzmuskeln combiniren. Durch eine ähnliche Beziehung kommt, theilweise wenigstens, die Wechselwirkung der Athmungs- und Herzbewegungen zu Stande. Zum Herzen gehen zweierlei Nervenbahnen, welche die Schlagfolge desselben in entgegengesetzter Weise verändern: die einen sind Beschleunigungsnerven, sie erhöhen die Frequenz der Herzschläge, die andern sind Hemmungsnerven, sie vermindern dieselbe oder bringen das Herz gänzlich zum Stillstand. Beide können reflectorisch erregt werden; aber bestimmte sensible Bahnen stehen mit dem Centrum der Beschleunigungsfasern, die sich in den Rückenmarksnerven für das letzte Hals- und erste Brustganglion des Sympathicus zum Herzen begeben, andere mit dem Centrum der Hemmungsfasern, die vorzugsweise in den Herzästen des Vagus verlaufen, in nächster Verbindung. So bewirkt Reizung der meisten sensibeln Nerven, namentlich der Hautnerven, der Kehlkopfnerven, der Eingeweidenerven, Hemmung, Reizung der in die Muskeln tretenden sensibeln Fäden Beschleunigung des Herzschlags; die letztere Erfahrung erklärt die gesteigerte Herzaction, welche allgemeine Muskelanstrengungen begleitet. Von ähnlich entgegengesetztem Einflusse sind nun die Bewegungen der Lunge: ihr Aufblähen beschleunigt, ihr Zusammensinken vermindert die Herzfrequenz. Deshalb sind die Athembewegungen regelmäßig von Schwankungen des Pulses begleitet, indem dessen Häufigkeit bei der Inspiration zu-, bei der Exspiration abnimmt. In Folge dieses Wechsels wird aber die Blutbewegung im ganzen durch verstärkte Athembewegungen beschleunigt. Eine ähnliche Wechselwirkung findet sich zwischen den Reflexbeziehungen der Herz- und Gefäßinnervation. Die Gefäße sind gleich dem Herzen von bewegenden und hemmenden Nerven beeinflusst, die beide reflectorisch erregt werden können. Die Reizung der meisten sensibeln Nerven löst den Bewegungsreflex aus, wirkt also auf jene Nervenfasern, welche, da sie die kleinen arteriellen Blutgefäße verengern und so in den größeren Arterien Erhöhung des Blutdrucks hervorbringen, die pressorischen Fasern genannt werden; nur die der gereizten Hautstelle selbst zugehörigen Gefäße pflegen sich sogleich oder nach einer rasch vorübergehenden Verengerung zu erweitern und so die bekannte Hyperämie und Röthe der gereizten Theile zu veranlassen. Aber einzelne sensible Gebiete gibt es, die umgekehrt mit den hemmenden oder depressorischen Fasern der Gefäße in directem Reflexzusammenhang stehen, deren Reizung also ausgebreitete Erweiterung der kleineren Gefäße nach sich zieht. Hierher gehören namentlich gewisse Fasern des Vagus, die im Herzen selbst als dessen sensible Nerven sich ausbreiten, Fasern, die wahrscheinlich speciell dieser durch den Reflex vermittelten Wechselwirkung zwischen Herz- und Gefäßinnervation bestimmt sind. Die

normale physiologische Reizung derselben muss nämlich bei gesteigerter Herzaction eintreten. Eine solche bewirkt nun Erhöhung des Blutdrucks und stärkere Bluterfüllung des arteriellen Systems, Wirkungen, die nur compensirt werden können durch eine Erweiterung der kleinen Arterien, welche dem Blute den Abfluss in die Venen gestattet und damit gleichzeitig den arteriellen Blutdruck herabsetzt. So stehen alle diese Reflexe des verlängerten Marks in einer Wechselwirkung, vermöge deren sich die von jenem Centralorgan abhängigen Functionen gegenseitig reguliren und unterstützen. Ein heftiger Kältereiz auf die äußere Haut bewirkt reflectorisch Inspirationskrampf und Herzstillstand. Der Gefahr, die hierdurch dem Leben droht, wird aber gesteuert, indem die ausgedehnte Lunge reflectorisch Exspiration und Beschleunigung der Herzbewegungen erregt, während gleichzeitig die Reizung der Haut durch einen weiteren Reflex Verengerung der kleineren Arterien herbeiführt und so die allzu weit gehende Entleerung des still stehenden Herzens verhütet.

Wahrscheinlich sind die Nervenkerne des verlängerten Marks sammt den zwischen ihnen verlaufenden Centralfasern als die hauptsächlichsten Reflexcentren dieses Centralorgans zu betrachten. Die complicirte Beschaffenheit seiner Reflexe scheint sich hinreichend aus den veränderten anatomischen Bedingungen jener Nervenkerne zu erklären. Indem dieselben im allgemeinen strenger von einander isolirt sind, als die Ursprungscentren der Rückenmarksnerven, dafür aber bestimmte Kerne durch besondere Centralfasern unter einander sowie mit Fortsetzungen der Rückenmarksstränge näher verknüpft werden, erklärt sich wohl die in sich abgeschlossenere, auf einzelne Zwecke gerichtete Natur der Oblongatareflexe. Insoweit sich Rückenmarksfasern in größerer Zahl an den Reflexen der Oblongata betheiligen, ist es möglich, dass sich dieselben zunächst in grauer Substanz sammeln und dann erst von dieser aus mit den ihnen zugeordneten Nervenkernen in Verbindung treten. So werden also vielleicht die motorischen Respirationsfasern in einem besondern Ganglienkern gesammelt, der mit dem Vaguskern in Verbindung steht. Manchen der zerstreuten grauen Massen in der reticulären Substanz könnte eine solche Bedeutung zukommen. Dagegen ist es nicht wahrscheinlich, dass so complicirte Bewegungen wie die Athem-, Schluck- und mimischen Bewegungen je einen einzigen Ganglienkern als ihnen eigenthümliches Reflexcentrum besitzen. Abgesehen nämlich davon, dass derartige Centren für complicirte Reflexe nicht nachgewiesen werden konnten, widerstreitet die Natur jener Bewegungen selbst dieser Annahme. So müssen wir für die Athembewegungen augenscheinlich zwei Reflexcentren voraussetzen, eines für die In-, ein anderes für die Exspiration. Gewisse mimische Bewegungen, wie Lachen, Weinen, erklären sich viel anschaulicher, wenn

man eine Reflexverbindung annimmt, die gewisse sensible Bahnen gleichzeitig mit den Respirationscentren und bestimmten Theilen des Facialiskernes verbindet, als wenn man ein besonderes Hülfsganglion statuirt, welches diese complicirten Bewegungen direct zur Ausführung bringt. Ebenso sind die Schluckbewegungen, analog den Athembewegungen, aus dem Princip der Selbstregulirung abzuleiten, indem man voraussetzt, dass der erste Bewegungsact des ganzen Vorganges zugleich den Reflexreiz für den nächsten, dieser für den weiter folgenden mit sich führt.

Unter den vier sogenannten specifischen Sinnesreizen sind es hauptsächlich zwei, die von sensibeln Nerven aus Reflexe vermitteln: die Geschmackseindrücke und der Lichtreiz. Die ersteren stehen in Reflexbeziehung zu den Bewegungen des mimischen Ausdrucks, Reflexen, von denen einzelne sich, wie schon oben bemerkt wurde, leicht mit Athmungsreflexen combiniren, woraus auf eine nähere Verbindung der entsprechenden Reflexcentren geschlossen werden kann[1]). Der Lichtreiz verursacht regelmäßig einen doppelten Reflex: erstens Schließung des Augenlids mit Richtung beider Augen nach innen und oben, und zweitens Verengerung der Pupille; beide Reflexe sind bilateral, doch ist bei schwächeren Erregungen die Bewegung auf der gereizten Seite die stärkere[2]). Vom Hör- und Riechnerven werden Reflexe im Gebiet der zugehörigen äußeren Sinneswerkzeuge ausgelöst, zu denen sich bei stärkeren Reizen entsprechende Bewegungen des Kopfes hinzugesellen. Beim Menschen beschränken sich die nächsten Gehörsreflexe meistens auf die Contractionen des Trommelfellspanners, die wohl jede Schallreizung begleiten; reflectorische Bewegungen des äußern Ohrs sind dagegen bei vielen Thieren deutlich zu beobachten.

Die Fähigkeit, bei starkem Reiz oder gesteigerter Reizbarkeit ausgebreitetere Reflexe hervorzubringen, welche über das Gebiet der engeren

1) Der Geschmack ist der einzige unter den sogenannten Specialsinnen, der an zwei verschiedene Nerven, an den Glossopharyngeus und den Zungenast des Trigeminus, gebunden zu sein scheint. Die hauptsächlichste Reflexverbindung beider ist die mit dem Facialis, welcher die mimischen Bewegungen beherrscht. Die Beziehung der letzteren Bewegungen sowie des Niesens, das durch peripherische Reizung des Nasenastes vom Trigeminus entsteht, zu den Athembewegungen deutet auf eine Verbindung der Kerne genannter Nerven mit dem Vaguskern hin, welcher letztere wahrscheinlich direct durch Centralfasern mit den Ursprüngen der motorischen Respirationsnerven verbunden ist, und zwar der eine Theil des Kerns mit den Inspirations-, der andere mit den Exspirationsnerven.

2) Die Schließung des Augenlids ist Reflex auf den Facialis, die Verengerung der Pupille und die Aufwärts- und Innenwendung Reflex auf den Oculomotorius. Alle diese Fälle kommen auch als Mitbewegungen vor. Wenn wir z. B. das Auge willkürlich schließen, so wenden wir den Augapfel nach oben und innen, und wenn wir die letztere Bewegung ausführen, so verengert sich gleichzeitig die Pupille. Auf weitere Reflexverbindungen des Sehnerven weist außerdem die Beobachtung hin, dass die Reizung desselben Herz- und Athembewegung beeinflusst, bez. zum Stillstande bringt. (Christiani, Verh. der physiol. Ges. zu Berlin, 1879—80, S. 280.)

Reflexverbindung hinausgreifen, ist bei den Hirnnerven bestimmter ausgebildet als bei den Rückenmarksnerven. Beim Sehnerven verbindet sich der Reflex auf die den Augapfel bewegenden Muskeln bei gesteigerter Reizung mit den entsprechenden Muskeln der Kopfbewegung, der Facialisreflex auf den Schließmuskel des Auges kann von Mitbewegungen der übrigen mimischen Antlitzmuskeln begleitet sein. Eine größere Ausdehnung können die von den Geschmacksnervenfasern ausgehenden Reflexe gewinnen, indem sie außer dem Antlitznerven leicht auch das Vaguscentrum ergreifen. Meist auf ihr ursprüngliches Reflexgebiet beschränkt bleibt die Reizung der sensibeln Respirationsnerven. Die stärkste Erregung der centralen Stränge des Lungenvagus bewirkt neben dem Inspirationstetanus keine weiteren Reflexe. Erheblicher sind die Reflexverbindungen der exspiratorischen Fasern. Reizung der sensibeln Kehlkopfnerven, namentlich ihrer peripherischen Enden, ergreift leicht noch die Muskeln des Antlitzes und der oberen Extremität. In die allseitigste Reflexbeziehung ist aber der mächtigste sensible Hirnnerv, der Trigeminus, gesetzt. Zunächst greift seine Reizung auf seine eigene, die Kaumuskeln versorgende motorische Wurzel, dann auf den Antlitznerven, die Respirationsnerven und endlich auf die gesammte Muskulatur des Körpers über. Dieses Verhalten erklärt sich leicht einerseits daraus, dass der Trigeminus unter allen Empfindungsnerven die größte sensible Fläche beherrscht, und dass daher auch seine Nervenkerne ein weites Gebiet einnehmen, das zu vielseitigen Verbindungen mit motorischen Ursprungscentren Veranlassung gibt; anderseits kommen die speciellen Lagerungsverhältnisse seiner Kerne in Rücksicht. Die oberen dieser Kerne sind nämlich über die eigentliche medulla oblongata hinauf in die Brücke verlegt, in jenes Gebilde also, in welchem die aufsteigenden Markstränge unter Interpolation grauer Substanz zu den verschiedenen Bündeln des Hirnschenkels sich ordnen. Verletzungen des verlängerten Marks und der Brücke in der Nähe der Quintuskerne haben daher allgemeine Reflexkrämpfe im Gefolge, wobei übrigens an diesen auch die Reizung anderer sensibler Wurzeln der medulla oblongata betheiligt sein mag [1].

Fast alle Reflexerscheinungen tragen den Charakter der Zweckmäßigkeit an sich. Bei den Oblongatareflexen erhellt dies unmittelbar aus der oben gegebenen Schilderung ihrer Bedingungen und ihres geordneten Zusammenwirkens. Auch bei den Rückenmarksreflexen gibt sich aber dieser zweckmäßige Charakter in den einzelnen Beobachtungen meistens zu erkennen: wenn z. B. eine Hautstelle gereizt wird, so bewegt

1) Nothnagel, Virchow's Archiv XLIV, S. 1. Binswanger, Arch. f. Psych. XIX, S. 759.

das Thier den Arm oder das Bein in einer Weise, die sichtlich auf die Entfernung des Reizes gerichtet ist; wird der Reflex stärker, so betheiligt sich zunächst die gegenüberliegende Extremität in entsprechendem Sinne, oder das Thier führt eine Sprungbewegung aus, durch welche es der Einwirkung des Reizes zu entfliehen scheint. Nur wenn die Bewegungen einen krampfhaften Charakter annehmen, wie es bei sehr starken Reizen oder gesteigerter Erregbarkeit vorkommt, verlieren sie diesen Charakter der Zweckmäßigkeit. Der letztere hat nun hier die Frage veranlasst, ob die Reflexe als mechanische Erfolge der Reizung und ihrer Ausbreitung in dem Centralorgan oder aber als Handlungen von psychischem Charakter anzusehen seien, die als solche, ähnlich wie die willkürlichen Bewegungen, einen gewissen Grad von Bewusstsein voraussetzen lassen. Aber in dieser Form ist die Frage offenbar falsch gestellt. Dass die Einrichtungen des Centralorgans, ähnlich denjenigen einer mit umfassenden Selbstregulirungen versehenen Maschine, zweckmäßige Erfolge mit mechanischer Nothwendigkeit herbeiführen, daran kann, namentlich angesichts der in hohem Grade zweckmäßigen und dennoch auf bestimmten mechanischen Bedingungen beruhenden Beschaffenheit der Oblongatareflexe, nicht wohl gezweifelt werden. Es fragt sich nur, ob diese Erfolge gleichzeitig eine psychische Seite besitzen, also in der Form von Vorstellungen dem Bewusstsein gegeben sind. Da wir uns hier nur mit den körperlichen Grundlagen des Seelenlebens zu beschäftigen haben, so werden wir auf diese psychologische Frage erst an einer späteren Stelle eingehen können[1].

2. Automatische Functionen.

Mehrere unter den motorischen Gebieten, die aus Anlass eines Reflexes in Function treten können, empfangen gleichzeitig Impulse, die unmittelbar von ihren Centralpunkten ausgehen. Alle solche Erregungen, welche den Nervencentren nicht von außen mitgetheilt sind, sondern in ihnen selbst entspringen, pflegt man automatische Erregungen zu nennen. Nicht nur Muskelbewegungen, sondern auch Empfindungen und Hemmungen bestimmter Bewegungen können auf diese Weise entstehen. Nicht immer aber ist es leicht, die automatische Reizung von solchen Erregungen zu unterscheiden, die aus äußeren Reizen hervorgehen oder wenigstens dem erregten Centrum von außen, z. B. von irgend einem andern Punkt des Centralorgans, mitgetheilt sind. Auf alle unsere Sinne wirken fortwährend schwache Reize ein, die zum Theil in den Struc-

1) Vgl. Abschn. IV, Cap. XV u. Abschn. V, Cap. XXI.

turverhältnissen der Sinnesorgane selbst ihren Grund haben. Diese schwachen Erregungen, wie sie z. B. durch den Druck bewirkt werden, unter dem die Netzhaut im Auge, die schallpercipirenden Membranen im Gehörlabyrinth stehen, sind natürlich für die empfindenden Nervencentren den äußeren Erregungen äquivalent. Sondern wir nun derartige Fälle ab, so bieten sich vor allem plötzlich auftretende Veränderungen in der chemischen Constitution der Nervensubstanz, sei es dass diese unmittelbar in ihr selbst entstehen oder durch Veränderungen des Blutes verursacht werden, als die Ausgangspunkte automatischer Erregungen dar.

Unter dem Einfluss automatischer Erregungen von Seiten des Rückenmarks scheinen die Muskeln gewisser Organe des Ernährungsapparates zu stehen; so die Ringmuskeln der Blutgefäße, deren Lumen sich nach Durchschneidungen des Rückenmarks erweitert [1]), sowie die Schließmuskeln der Blase und des Darms [2]), an denen man ähnliche Erfolge beobachtet hat. Zweifelhafter ist es, ob solche dauernde, sogenannte tonische Erregungen auch den Skeletmuskeln zufließen, wie dies vielfach angenommen wurde. Die Durchschneidung eines zum Muskel sich begebenden Nerven hat nämlich keine anderen Erfolge, als sie auch nach einer auf sonstige Weise vorgenommenen Reizung der Muskelnerven eintreten [3]). Andere Erscheinungen, die auf eine tonische Erregung bezogen werden können, sind nachweislich reflectorischer Natur: so beobachtet man an vertikal befestigten Thieren eine schwache Contraction der Beine, die aber regelmäßig aufhört, sobald die hinteren Rückenmarkswurzeln durchschnitten sind [4]).

Von ungleich größerer Bedeutung sind diejenigen automatischen Erregungen, die von dem verlängerten Mark ausgehen, obgleich sie sich

1) Goltz und Freusberg, Pflüger's Archiv XIII, S. 460.

2) Masius, Bulletin de l'académie de Belg. 1867, 68, T. 24 et 25.

3) Heidenhain, Physiologische Studien, Berlin 1856, S. 9. Wundt, Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858, S. 54 f. In letzterer Schrift sind Beobachtungen mitgetheilt, welche zeigen, dass jede Nervenreizung bald, bei geringerer Belastung, eine nachdauernde Verkürzung, bald, bei größerer Belastung, eine nachdauernde Verlängerung des Muskels hinterlässt, und dass die der Durchschneidung folgende Nachwirkung sich in nichts von derjenigen anderer Zuckungen unterscheidet. Aehnliche Beobachtungen hat neuerdings Tschirjew (du Bois-Reymond's Archiv 1879, S. 78) an Kaninchen angestellt und daraus auf einen Tonus geschlossen, den er übrigens, entsprechend dem sogleich zu erwähnenden Brondgeest'schen Phänomen, als einen reflectorischen auffasst und mit den von Erb (Archiv f. Psychiatrie V, S. 792) durch Reizung gewisser Muskelfasern erzielten Reflexen in Verbindung bringt. Ich habe einigen Zweifel, ob die von Tschirjew beobachteten Nachwirkungen der Nervendurchschneidung von den gewöhnlichen Nachwirkungen der Nervenreizung verschieden sind. Doch soll nach diesem Beobachter zugleich eine Zunahme der elastischen Nachschwingungen in Folge der Durchschneidung eintreten.

4) Brondgeest, Onderzoekingen over den tonus der willekeurige spieren. Utrecht 1860, S. 90 Auch dann verschwindet die Contraction, wie Cohnstein beobachtete, wenn das Bein unterstützt wird, indem man es auf einen Quecksilberspiegel lagert (Archiv f. Anatomie u. Physiol. 1863, S. 165).

auch hier unter normalen Verhältnissen auf die Innervation gewisser der Mechanik der Ernährung dienender Muskelgebiete zu beschränken scheinen. Die meisten der Reflexcentren, die wir vorhin in der Oblongata kennen lernten, sind zugleich automatische Centren. Die betreffenden Bewegungen dauern daher fort, auch wenn der sensorische Theil der Reflexbahn unterbrochen wurde. Hierher gehören die Athem- und Herzbewegungen, sowie die Innervation der Blutgefäße. Jedem dieser Vorgänge entsprechen, wie wir sahen, zwei Centren, die jedenfalls auch räumlich gesondert sind: den Athembewegungen Centren der In- und der Exspiration, den Herzbewegungen Centren der Beschleunigung und der Hemmung des Herzschlags, der Gefäßinnervation Centren der Verengerung und der Erweiterung des Gefäßraumes. Von diesen Reflexcentren ist nun immer nur je eines zugleich automatisches Centrum oder steht wenigstens unter der vorwiegenden Wirkung der inneren Reize: so bei den Athembewegungen das Centrum der Inspiration, bei den Herzbewegungen das Centrum der Hemmung des Herzschlags, bei der Gefäßinnervation das Centrum der Gefäßverengerung. Vielleicht ist es die Lage der betreffenden Nervenkerne und die Art der Blutvertheilung in denselben, wodurch sie den automatischen Erregungen vorzugsweise zugänglich werden. Der normale physiologische Reiz aber, der, wie es scheint, die Erregung herbeiführt, ist jene Beschaffenheit des Blutes, welche sich beim Stillstand der Athmung oder überall da ausbildet, wo die Entfernung der oxydirten Blutbestandtheile gehindert ist. Im allgemeinen also scheinen Oxydationsproducte, theils das letzte Verbrennungsproduct, die Kohlensäure, theils niedrigere noch unbekannte Oxydationsstufen, in dem dyspnoischen Blut als Nervenreize zu wirken[1]. Die Anhäufung dieser Stoffe erregt das inspiratorische Centrum: es entsteht eine Einathmung, die nun wieder in Folge der Aufblähung der Lunge das Exspirationscentrum reflectorisch erregt (S. 181). So schließt in jener automatischen Reizung der Kreis der Selbstregulirungen sich ab, durch welche der Athmungsprocess fortwährend im Gange erhalten wird. Den ersten Anstoss gibt die Blutveränderung: sie erregt als innerer Reiz die Einathmung. Damit ist aber auch der weitere periodische Verlauf von selbst gegeben. Dem durch die Ausdehnung der Lunge erregten Exspirationsprocess folgt beim Zusammensinken des Organs Inspirationsreflex und gleichzeitig in Folge der erneuten Ansammlung von Oxydationsproducten abermalige automatische Reizung des Centrums der Inspiration.

Der automatischen Innervation des Hemmungscentrums für das Herz und des pressorischen Centrums für die Blutgefäße liegen, wie es scheint, die nämlichen Blutveränderungen zu Grunde. Man nimmt gewöhnlich an,

1) Vgl. mein Lehrbuch der Physiol. 4. Aufl. S. 412.

dass es sich in beiden Fällen um Erregungen handelt, die nicht, wie bei der Athmung, in Folge der Selbstregulirung der Reizung rhythmisch auf- und abwogen, sondern um solche, die dauernd in gleichmäßiger Größe anhalten. Man folgert dies daraus, dass Trennung der Hemmungsnerven des Herzens, der Vagusstämme, den Herzschlag dauernd beschleunigt, und dass Trennung der Gefäßnerven eine bleibende Erweiterung der kleinen Arterien herbeiführt. Aber diese Thatsachen schließen nicht aus, dass nicht die automatische Erregung in beiden Fällen zwischen gewissen Grenzen auf- und abschwanke. In der That sprechen hierfür mehrere Erscheinungen, wie die abwechselnden Verengerungen und Erweiterungen, die man zuweilen an den Arterien beobachtet, und die meist nach Durchschneidung der Nerven verschwinden, ferner der Zusammenhang der Pulsfrequenz mit der Athmung, der zwar theilweise, wie wir gesehen haben, von den Volumänderungen der Lunge abhängt und durch Reflex sich erklärt, zum Theil aber noch auf einen andern Ursprung hinweist, da längerer Stillstand der Athmung, mag er in In- oder Exspirationsstellung erfolgen, auch das Herz zum Stillstande bringt. Beim Erstickungstod tritt ferner regelmäßig neben starker Erregung der Inspirationsmuskeln Verengerung der Blutgefäße und Hemmung des Herzschlags ein. Hiernach ist zu vermuthen, dass die automatische Reizung aller jener Centren der medulla oblongata auf analogen Blutveränderungen beruht, und die beobachteten Verschiedenheiten können leicht in den Verhältnissen der peripherischen Nervenendigungen ihren Grund haben. Wir dürfen nämlich nicht übersehen, dass das Inspirationscentrum mit gewöhnlichen motorischen Nerven in Verbindung steht, deren Muskeln Schwankungen der Reizstärke, wenn sie nicht allzu rasch auf einander folgen, mit Remissionen ihrer Thätigkeit beantworten. Anders verhält sich dies mit den Herz- und Gefäßnerven. Sie treten zunächst mit den Ganglien des Herzens und der Gefäßwandungen in Verbindung und modificiren nur die von diesen an und für sich schon ausgehenden Innervationseinflüsse. Von allen Nerven getrennt, pulsirt das Herz, wenn auch in geändertem Rhythmus, fort, und bleibt die Gefäßwandung wechselnder Verengerungen und Erweiterungen fähig. Die Ursachen, welche die Erregung dieser peripherischen Centren bestimmen, sind wahrscheinlich denjenigen sehr ähnlich, die im verlängerten Mark der Athmungsinnervation zu Grunde liegen, und gleich diesen aus automatischen und reflectorischen Vorgängen zusammengesetzt, wobei der rhythmische Verlauf am Herzen und das Gleichgewicht zwischen Erregung und Hemmung an den Gefäßen ebenfalls durch Selbstregulirungen zu Stande kommen, deren nähere Natur aber noch unerforscht ist[1].

[1]) Zwar sind bis jetzt nur Hypothesen in dieser Beziehung möglich, immerhin

Ueberall nun, wo ein in einem Nerven geleiteter Reiz durch das Mittelglied von Ganglienzellen, sei es erregend, sei es hemmend, auf motorische Apparate wirkt, da wird der Vorgang in seinem Verlauf verlangsamt, so dass er sich über eine größere Zeit vertheilt[1]). Demgemäß können auch Schwankungen der Reizung, die verhältnissmäßig rasch vorübergehen, in solchen Fällen immer noch mit einer gleichmäßig andauernden Erregung beantwortet werden. So stehen denn Athmungs-, Herz- und Gefäßinnervation auch insofern in gegenseitiger Beziehung, als die automatischen Erregungen, aus welchen sie entspringen, wahrscheinlich auf die nämliche Quelle zurückleiten. Die Centren dieser Bewegungen bieten, wie es scheint, den inneren Reizen besonders günstige Angriffspunkte, denn kein anderes Centralgebiet reagirt so empfindlich wie dieses auf Schwankungen der Blutbeschaffenheit. Bei den übrigen Theilen des centralen Nervensystems kommen wahrscheinlich die Einflüsse des Blutes immer erst dadurch zur Wirksamkeit, dass von jenen Centren der Athmungs-, Herz- und Gefäßinnervation aus der Blutstrom Veränderungen erfährt, welche zur Quelle centraler Reizung werden, so dass auch die automatischen Erregungen der höheren Centralorgane zum Theil im verlängerten Mark ihren Ursprung haben. So bilden Erregungen des Gefäßnervencentrums, die den Blutstrom im Gehirn hemmen, wahrscheinlich in vielen Fällen die Ursache allgemeiner Muskelkrämpfe. Der Ausgangspunkt der Reizung ist hier wohl meistens die Brücke, vielleicht zuweilen auch ein weiter nach vorn gelegener motorischer Hirntheil, wie die vorderen Hirnganglien, Streifenhügel und Linsenkern[2]). Doch bleibt es in diesen Fällen dahingestellt, ob die Bewegungen selbst nicht auf einer Reflexerregung beruhen, die von der Reizung sensibler Nervenkerne und Wurzelfasern ausgeht[3]). Aehnliche Muskelkrämpfe von beschränkterer Ausdehnung kann das dyspnoische Blut durch Reizung des Rückenmarks hervorbringen[4]).

Von den über der Hirnbrücke gelegenen Theilen scheinen automatische Erregungen nur unter gewissen Bedingungen auszugehen, die unter physiologischen Verhältnissen entweder niemals oder nur zeitweise verwirklicht

können solche dazu dienen, das Wesen der Vorgänge vorläufig zu veranschaulichen. So könnte man z. B. annehmen, das Blut wirke durch in ihm enthaltene Stoffe (vielleicht gleichfalls durch seine Oxydationsproducte) erregend auf die Bewegungsganglien, und zwar schneller auf diejenigen, die den Vorhof zur Contraction bringen, bei der Zusammenziehung der Vorhöfe werde aber ein Reflex ausgelöst, welcher die Bewegungen wieder hemmt.

1) Vgl. Cap. VI.

2) Kussmaul und Tenner, Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen III, S. 77.

3) Vgl. oben S. 186.

4) Luchsinger, Pflüger's Archiv XIV, S. 383.

sind, und die zum Theil ebenfalls in jenen Einwirkungen der Blutcirculation, welche von den automatischen Centren der medulla oblongata bestimmt werden, ihre Quelle haben. Hierher gehören vor allem jene Reizungserscheinungen, welche die fast normalen Begleiter des Schlafes sind. Sie äußern sich am häufigsten und oft ausschließlich als Erregungen sensorischer Hirntheile. So entsteht die gewöhnliche, rein sensorische Form des Traumes, bei welcher, wahrscheinlich immer unter dem Einfluß äußerer Sinnesreize, in Folge der automatisch gesteigerten Erregbarkeit der Sinnescentren Vorstellungen von hallucinatorischem Charakter entstehen. Zuweilen vermischen sich damit auch motorische Erregungen. Es entstehen Muskelbewegungen der Sprachwerkzeuge, seltener des locomotorischen Apparates, die sich nun mit den Erscheinungen der sensorischen Erregung zu einer mehr oder weniger zusammenhängenden Reihe von Vorstellungen und Handlungen verknüpfen. Hierbei ist allerdings die automatische Erregung nicht mehr ausschließlich bestimmend, sondern es treten zugleich die mannigfachen Wechselwirkungen der verschiedenen sensorischen und motorischen Centraltheile hervor, wie sie theils in der ursprünglichen Organisation derselben begründet liegen, theils in Folge der Function allmählich sich ausgebildet haben. Der Ausgangspunkt der centralen Veränderungen, welche der Schlaf im Gefolge hat, liegt wahrscheinlich in den Innervationscentren des verlängerten Marks. Im Moment des Einschlafens vermehrt sich, wie Mosso durch Volummessungen des Armes nachwies, der Blutgehalt der peripherischen Organe, deren Gefäße erschlaffen, woraus auf verminderten Blutzufluss nach dem Gehirn zu schliessen ist. Bei Individuen mit Substanzverlusten des Schädels, bei denen die Volumänderungen des Gehirns mittelst manometrischer Vorrichtungen direct untersucht werden können, pflegt demgemäß das Hirnvolum im Schlafe vermindert zu werden, wogegen äußere Sinnesreize, auch wenn sie kein Erwachen herbeiführen, meist vorübergehend den Blutzufluss verstärken[1]). Dieser allgemeinen Verminderung des Blutzuflusses zum Gehirn entspricht die zunächst eintretende starke Herabsetzung der Erregbarkeit der Hirncentren und die mit ihr zusammenhängende Verdunkelung des Bewusstseins. Die so eintretende Hemmung der centralen Functionen ergreift insbesondere auch das Athmungs- und Herzcentrum, daher nicht selten während des Schlafes dyspnoische Erscheinungen auftreten. Die gesteigerte Reizbarkeit einzelner centraler Elemente der Hirnrinde, welche sich in den Phantasmen des Traumes verräth, kann nun

1) Mosso, Diagnostik des Pulses. Leipzig 1879. Ueber den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn. Leipzig 1881, S. 74 ff. Ueber die Veränderungen im Blutgehalt und in der Temperatur des Gehirns bei verschiedenen andern psychischen Zuständen, namentlich Affecten, vgl. Cap. X und XVIII.

theils darin ihren Grund haben, dass das dyspnoisch gewordene Blut direct erregend einwirkt, theils auch darin, dass in Folge der Wechselbeziehungen, in denen die verschiedenen centralen Gebiete zu einander stehen, zufällig erzeugte Reizungen einer bestimmten Region der Hirnrinde um so intensivere Wirkungen haben, je mehr sich die Nachbargebiete im Zustand latenter Erregung befinden[1]).

Wo ähnliche Erregungen des Großhirns im wachen Zustande sich einstellen, da entspringen sie sämmtlich pathologischen Veränderungen. Häufig leitet auch hier die Untersuchung auf abnorme Verhältnisse der Blutcirculation als deren letzte Bedingung hin. Solche Veränderungen können nämlich entweder einen localen Ursprung haben, indem sie von den Gefäßen der Hirnhaut oder des Gehirns selbst ausgehen, oder sie können allgemeinere Störungen des Blutlaufs begleiten, daher Gehirnerkrankungen häufig als Folgen von Herz- und Gefäßerkrankungen auftreten[2]). Aber auch in denjenigen Fällen, in denen die Gehirnerkrankung nicht direct aus Veränderungen des Blutlaufs entspringt, sind doch die Centren der Herz- und Gefäßinnervation in einer latenteren Weise betheiligt, wie sich an den Veränderungen des Pulsschlags verräth, welche alle Formen der geistigen Störung begleiten und oft als frtiheste Symptome dieselbe verrathen[3]). Zugleich ist es bemerkenswerth, dass hierbei die Abweichungen des Pulses denjenigen zu entsprechen scheinen, die im tiefen Schlaf und überhaupt in Zuständen der Erschöpfung des Gehirns, z. B. als Nachwirkungen heftiger Affecte, wie des Schrecks, beobachtet werden: in allen diesen Fällen sinkt, obgleich die Zahl der Herzschläge meistens vermehrt ist, jede einzelne Pulscurve langsamer als gewöhnlich, es entsteht der sogenannte »pulsus tardus« der Kliniker. Diese Erscheinungen sind durchaus im Einklang mit dem überall durch die psychiatrische Erfahrung festgestellten Satze, dass jede geistige Störung, auch wenn sie scheinbar einen rein functionellen Ursprung haben sollte, doch unausbleiblich zunehmende Veränderungen im Gehirn herbeiführt. Letztere pflegen sich anfänglich in Reizungs-, später, wenn einzelne Centraltheile functionsunfähig werden, in Ausfallssymptomen zu äußern. Ihr Sitz ist regelmäßig die Hirnrinde, und diffuse Erkrankungen der die Rinde überziehenden Gefäßhaut stellen sich

---

1) Vgl. hierzu die Psychologie des Traumes, Abschn. IV, Cap. XIX. Auf den oben erwähnten erregenden Einfluss des dyspnoischen Blutes weist die Thatsache hin, dass auch andere Formen automatischer oder reflectorischer Reizung, wie dyspnoische Krämpfe, epileptiforme Zuckungen, vorzugsweise leicht während des Schlafes auftreten. Weitere Thatsachen, welche die Abhängigkeit der Erregbarkeit von der latenten Energie benachbarter Nervenelemente wahrscheinlich machen, wird uns die physiologische Mechanik der Nervensubstanz kennen lehren. Vgl. Cap. VI.

2) Hasse, Lehrbuch d. Nervenkrankheiten, S. 360, 382. Wernicke, Lehrb. der Gehirnkrankheiten II, S. 10.

3) Wolff, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, XXVI, S. 273.

am häufigsten als ihre nächsten Ursachen dar. Die Reizungserscheinungen, welche die geistige Störung begleiten, sind nun in hohem Grade denen ähnlich, wie sie normaler Weise im Schlafe auftreten, nur können sie einen weit intensiveren Grad erreichen. Wie jene gehören sie theils dem sensorischen, theils dem motorischen Gebiete an. Die sensorische Erregung äußert sich in Empfindungen und Vorstellungen der verschiedenen Sinne, oft an Stärke denjenigen gleich, welche durch äußere Eindrücke geweckt werden können, und daher nicht von ihnen zu unterscheiden. Solchen Hallucinationen gesellen sich Veränderungen der subjectiven Empfindungen, der Muskel- und Organempfindungen, bei, von denen wesentlich die Richtung des Gemüthszustandes abhängt. Motorische Reizungserscheinungen treten in der Form von Zwangshandlungen auf, welche meist durch ihre ungewöhnliche Energie auffallen. Auch hier vermengen sich aber, wie in den Träumen und Traumhandlungen, die aus automatischer Reizung hervorgegangenen Empfindungen und Bewegungstriebe mit der in der ursprünglichen und erworbenen Organisation des Gehirns begründeten Disposition zu einem zusammenhängenden, mit den Resten früherer Empfindungen verwebten Vorstellungsverlauf[1]. Im weiteren Verlauf machen die Reizungserscheinungen, wenn sie nicht rechtzeitig gehoben werden, Lähmungssymptomen Platz, welche davon herrühren, dass dieselben Ursachen, die anfänglich erregend auf die nervösen Elementartheile wirkten, allmählich die Functionsfähigkeit derselben vernichten. Wie bei den Herderkrankungen umschriebene Lähmungen der Bewegung, so treten daher bei den diffusen Erkrankungen der Hirnrinde Schwächezustände auf, welche das ganze Functionsgebiet des Gehirns ergreifen können. Indem bald mehr eine sensorische, bald mehr eine motorische Provinz von der Veränderung betroffen wird, bald die Centraltheile der äußeren Sinne, bald die der subjectiven Empfindungen vorzugsweise alterirt sind, bald die automatische Reizung, bald die Abstumpfung der Function sich in den Vordergrund drängt, gewinnt der Irrsinn seine außerordentlich mannigfachen Formen und Färbungen[2].

Vielfach hat man Innervationsvorgänge, bei denen in keinerlei Weise ein derartiger Ursprung aus inneren Reizen sich nachweisen lässt, dennoch unter die automatischen Erregungen gerechnet, indem man von der Ansicht ausging, dass eine solche überall da vorauszusetzen sei, wo eine

---

1) Ein merkwürdiges Zeugniss für diese Analogie der ursächlichen Momente zwischen Traum und geistiger Störung scheint die von Allison hervorgehobene Erscheinung nächtlicher Geisteskrankheit zu liefern, wo die Individuen bei Tage anscheinend vollkommen geistig gesund sind, während bei Nacht regelmäßig Hallucinationen, Tobsuchtanfälle u. s. w. auftreten. (Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, XXVI, S. 648.)

2) Ueber die psychologische Seite der geistigen Störung sowie über die schlafähnlichen Zustände (den Hypnotismus) vgl. Abschn. IV Cap. XIX.

äußere Ursache nicht unmittelbar nachgewiesen werden könne. So sollten insbesondere die willkürlichen Bewegungen aus automatischer Innervation hervorgehen; auch für den Verlauf jener Vorstellungen, welche nicht unmittelbar aus äußeren Sinnesreizen stammen, war man geneigt, das nämliche anzunehmen. Man setzte voraus, dass in diesem Fall die Seele die unmittelbare Ursache automatischer Erregungen sei. Erst am Schluss dieses Werkes werden wir auf die psychologischen Grundlagen dieser Anschauung eingehen können. Hier ist nur hervorzuheben, dass bei Betrachtung des physiologischen Mechanismus keinerlei zwingender Grund vorliegt, fremdartige Kräfte zu Hülfe zu nehmen, die irgendwo in den Zusammenhang der physiologischen Vorgänge eingreifen, denselben in Gang setzen oder unterbrechen. Wer freilich bei einem Kräftezusammenhang nur das Bild eines gestoßenen Körpers im Auge hat, der seine Bewegung direct auf andere fortpflanzt, der muss bei den physiologischen Aeußerungen des Nervensystems nothwendig auf den Gedanken kommen, dass hier fortwährend Wirkungen ohne Ursachen auftreten. Wer sich aber daran erinnert, dass schon bei einem verhältnissmäßig einfachen Mechanismus Kräftewirkungen beliebig lange latent bleiben, und dass daher die Wirkungen von ihren Ursachen weit getrennt sein können, der wird sich nicht entschließen, in jedem Vorgang, der nicht als ein einfaches Beispiel von Bewegungsübertragung sich darstellt, nun alsbald eine Bewegung ohne physikalische Ursache zu sehen. In der That wird es uns aber die allgemeine Mechanik des Nervensystems als eine wesentliche Eigenschaft der centralen Substanz kennen lehren, dass sie Kräftewirkungen in sich aufsammelt, um dieselben später erst unter neu hinzutretenden Bedingungen frei zu machen [1]).

3. Functionen der Vier- und Sehhügel.

Die Vierhügel (Zweihügel, lobi optici der niederen Wirbelthiere) sind, wie bereits die Verfolgung der Leitungsbahnen gezeigt hat, sammt den Kniehöckern wesentlich Centralorgane des Gesichtssinns, und zwar steht das vordere Vierhügelpaar, dem functionell die äußeren Kniehöcker des Sehhügels sich anschließen, hauptsächlich zu den sensorischen, das hintere zu den motorischen Leistungen des Sehorgans in Beziehung; außerdem nehmen dieselben Antheile der sensorischen und der motorischen Bahnen des Rückenmarks auf (S. 129 ff.). Bei den niederen Wirbelthieren, deren lobi optici Hohlräume besitzen, sollen die in die letzteren herein-

1) Vgl. Cap. VI.

ragenden grauen Hügel vorzugsweise die Bewegungen beeinflussen, während die Entfernung der Deckplatte Erblindung auf der entgegengesetzten Seite herbeiführt [1]). Die physiologischen Erfahrungen über die Vierhügel werden unterstützt durch die vergleichende Anatomie, welche lehrt, dass die Ausbildung dieser Centraltheile mit derjenigen des Sehorgans gleichen Schritt hält. Sie sind sehr entwickelt in der durch die Schärfe des Gesichts ausgezeichneten Classe der Vögel. Die Fische, deren Augapfel eine bedeutende Größe erreicht, besitzen auch große lobi optici, nur bei einigen blinden Arten (Amblyopsis, Myxine) sind sie mit den Augen verkümmert [2]).

Hat man alle vor den Vierhügeln gelegenen Hirntheile bei Thieren entfernt, so finden nicht bloß in Folge von Lichtreizen Reflexe auf die Pupille und die Muskeln des Auges statt, sondern auch die sonstigen Körperbewegungen werden durch die Lichteindrücke, welche in das Auge gelangen, beeinflusst. Vögel und Säugethiere folgen den Bewegungen einer brennenden Kerze mit dem Kopfe [3]); Kaninchen und Frösche, welche durch Hautreize zu Fluchtbewegungen gezwungen werden, weichen einem in den Weg gestellten Hinderniss aus [4]). Hieraus ist zu schließen, dass von dem Sehcentrum der Vierhügel aus nicht bloß die Augenmuskeln, sondern auch die Muskeln der Ortsbewegung in der Ausübung ihrer Functionen bestimmt werden können. Dies bestätigen überdies die Ausfallssymptome, die nach Exstirpationen oder Herderkrankungen der Vierhügel eintreten [5]). Die Anatomie der Leitungsbahnen, welche in den Vierhügeln einerseits Vertretungen der Fasern des Opticus und der Augenmuskelnerven, anderseits solche der Rückenmarksstränge nachweist, steht hiermit in vollem Einklang. Da nun aber außerdem von den grauen Kernen der Vierhügel aus intracentrale Fasern zur Großhirnrinde aufsteigen, so werden die motorischen Innervationen, die im Vierhügel entstehen, an zwei Stellen durch Lichteindrücke ausgelöst werden können: in der Retina und in der Großhirnrinde. Hierdurch wird es begreiflich, dass zwar noch

1) RENZI, Ann. univers. di medicina 1863, 64. Auszug in SCHMIDT's Jahrb. d. Med. CXXIV, S. 154. Uebrigens beobachtete BECHTEREW nach isolirter Zerstörung der Zwei- oder Vierhügel bei Fröschen, Vögeln und Säugethieren nur Sehstörungen, aber keine Bewegungsstörungen. Er vermuthet daher, dass die letzteren von der Verletzung tiefer liegender Theile herrühren. J. STEINER, der damit im wesentlichen übereinstimmt, nimmt an, dass die betreffenden Bewegungscentren beim Frosche im vordersten Theil des Halsmarks gelegen seien. Nach völliger Abtragung der Zweihügel entstehen zwar nach ihm Störungen der Bewegung, dieselben seien aber vollständig aus der Zerstörung sensibler Elemente zu erklären. BECHTEREW, PFLÜGER's Archiv XXXIII, S. 413. STEINER, Untersuchungen über die Physiologie des Froschgehirns. Braunschweig 1885, S. 35, 53.

2) OWEN, Anatomy of vertebrates I, p. 254.

3) LONGET, Anatomie und Physiologie des Nervensystems, übersetzt von HEIN. I, S. 385.

4) GOLTZ, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869, S. 65. CHRISTIANI, Zur Physiologie des Gehirns, S. 15.

5) Vgl. oben S. 127.

nach dem Wegfall der Hemisphären Bewegungen des Auges und der übrigen Körpermuskeln durch Lichteindrücke angeregt werden, dass aber nicht mehr alle Bewegungen, die bei unverletztem Gehirn vom Gesichtssinne ausgehen, bestehen bleiben. Vergleicht man das Verhalten der Thiere in beiden Fällen, so lässt sich nicht zweifeln, dass die Wegnahme der Großhirnlappen jene Bewegungen aufhebt, welche ein complicirtes Zusammenwirken der Lichteindrücke theils mit andern Sinneserregungen, theils mit früher stattgehabten Empfindungen voraussetzen. Direct durch die Vierhügel finden nur entweder Abänderungen der ohnehin aus andern Ursachen im Gang befindlichen oder Anregungen solcher Bewegungen statt, welche unmittelbar den Eindrücken folgen, sei es als Reflexe des Augapfels, der Pupille und des Augenschließmuskels, sei es als Abwehrbewegungen gegen starke Lichtreize. Die wahrscheinliche Function der Vierhügel dürfte demnach darin gesehen werden, dass sie Reflexcentren des Gesichtssinnes sind. Die nach Entfernung der übrigen Großhirntheile durch sie vermittelten Bewegungen sind kaum in einem andern Sinne zweckmäßig zu nennen als die Rückenmarksreflexe. Ihr Unterschied von diesen besteht nur darin, dass bei ihnen eine größere Zahl von Muskelgruppen in coordinirte Action tritt. Dies ist angesichts des verwickelteren Zusammenflusses von Leitungsbahnen wohl begreiflich. Wie aber im Rückenmark einzelne Theile der Reflexbahnen wahrscheinlich zugleich der Zuleitung der Empfindungseindrücke nach dem Großhirn und der Rückleitung der Bewegungsimpulse dienen, so scheinen auch die Vierhügel, abgesehen von ihrer selbständigen Function als Reflexcentren, zugleich Uebertragungen an die Sehcentren der Rinde zu vermitteln und Einflüsse von diesen zu empfangen.

Weit unsicherer sind die Aufschlüsse, die wir über die Function der Sehhügel (thalami optici) besitzen[1]. Verhältnissmäßig am sichersten

[1] Die Einen halten die Sehhügel für eine Art sensorium commune, für ein Gebilde, in welchem alle Empfindungen zusammenfließen (Luys, Recherches sur le système nerveux, p. 342), oder welches speciell Sitz der Muskelempfindungen sei (Meynert, Wiener med. Jahrb. 1872, II); nach Andern sollen sie motorische Organe sein, entweder überhaupt Einfluss auf die Ortsbewegung besitzen (Longet, Anatomie und Physiol. des Nervensystems I, S. 658) oder speciellen Bewegungen, nämlich denen der Brustglieder vorstehen (Schiff, Lehrbuch I, S. 342). Die erste Ansicht stützt sich vorwiegend auf anatomische, die zweite auf physiologische Untersuchungen. Uebrigens ist der von Luys behauptete Zusammenhang des Sehhügels mit allen sensorischen Nervenbahnen nicht nachzuweisen, anderseits aber ein solcher mit motorischen Bahnen zweifellos. Auch vom rein anatomischen Standpunkte ist also die erste Ansicht unhaltbar. Was die zweite betrifft, so ist der Ausdruck Longet's »Herd des Nerveneinflusses auf die Ortsbewegung« so allgemein, dass er eine bestimmte Auskunft über die Function des Sehhügels nicht gibt. Der durch Schiff wieder unterstützten Ansicht von Saucerotte, Serres u. A., dass die thalami ausschließlich in Beziehung zur Bewegung der Vorderextremitäten stehen, widersprechen die pathologischen Beobachtungen (Longet a. a. O.

festgestellt sind hier die Erscheinungen, die der Verletzung, namentlich der Durchschneidung eines Sehhügels folgen. Die in Folge dieser Operation regelmäßig eintretende Störung besteht in einer Veränderung der Ortsbewegung, indem die Thiere, wenn sie gerade nach vorn gehen wollen, statt dessen eine Kreisbahn beschreiben. Man hat diese Bewegungsform, weil sie der Bewegung eines Pferdes in der Reitbahn gleicht, die »Reitbahnbewegung« (mouvement de manège) genannt. Fällt die Verletzung in das hintere Dritttheil eines Sehhügels, so dreht sich das Thier nach der Seite der unverletzten Hirnhälfte; fällt sie weiter nach vorn, so geschieht die Drehung nach der verletzten Seite[1]). Die Beobachtung zeigt, dass diesen abnormen Bewegungen eine abnorme Haltung des Körpers zu Grunde liegt, die schon in der Ruhe bemerkt wird, sobald nur die Muskeln in Spannung versetzt werden. Fällt nämlich der Schnitt in das hintere Dritttheil des Sehhügels, so entsteht folgende Haltung: die beiden Vorderfüße sind nach der Seite des Schnitts, der eine also nach außen, der andere nach innen gedreht, die Wirbelsäule, namentlich der Hals, ist nach der entgegengesetzten Seite gerichtet. Augenscheinlich ist nun die abnorme Bewegung lediglich die Folge dieser abnormen Haltung. Das Thier muss, wenn es auf alle Muskeln das gleiche Maß willkürlicher Innervation anwendet wie früher, statt geradeaus zu gehen, nach derselben Seite sich bewegen, nach welcher Wirbelsäule und Kopf gedreht sind, ähnlich wie ein Schiff, dessen Steuer man dreht, aus seiner geraden Bahn abgelenkt wird. Unterstützt wird nun diese Bewegung noch durch die Drehung der Vorderbeine, die gleich einem Ruder wirkt, welches von der Seite, gegen die es gekehrt ist, das steuernde Schiff ablenkt. Bei der Verletzung der vordern Theile des Sehhügels ist die Wirbelsäule nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt, daher nun auch die Drehbewegungen die entgegengesetzte Richtung annehmen[2]).

S. 412), und was die Resultate der Vivisection betrifft, so ist einerseits constatirt, dass auch Lähmungen der Hinterglieder nach Sehhügelverletzungen vorkommen, andererseits hervorzuheben, dass ein ungleicher Grad der Lähmung beider Gliedpaare, insbesondere vollständige Lähmung der Vorderglieder, in vielen Fällen von Hemiplegie beobachtet wird (Vulpian, Physiologie du système nerveux, p. 658). Es kommt hier in Betracht, dass operative Eingriffe entweder nur einen Theil der Functionen des Sehhügels aufheben, oder aber, wenn man die vollständige Exstirpation versucht, umgebende Theile mit zerstören. Nur über den einen Punkt sind gegenwärtig fast alle Beobachter einig, dass der Sehhügel seinen Namen mit Unrecht führt, dass er nicht, wie man früher angenommen hatte, das hauptsächlichste Ursprungsganglion des Sehnerven ist.

1) Schiff, Lehrbuch der Physiol. I, S. 343.

2) Schiff, welcher zuerst auf den Zusammenhang der Reitbahnbewegungen mit der Haltung der Wirbelsäule und der Vorderglieder hinwies, hat eine Veränderung an den Hintergliedmaßen bei Sehhügelverletzungen nicht beobachtet. Dies hat möglicherweise darin seinen Grund, dass Schiff's Durchschneidungen vorzugsweise die inneren Theile der Sehhügel trafen, da die äußersten ohne gleichzeitige Verletzung des nucleus caudatus nicht wohl getroffen werden können. Wird der Hirnschenkel tiefer unten,

Gegenüber diesen auffallenden Erscheinungen, welche die quere Durchschneidung eines Sehhügels hervorbringt, sind die Störungen, welche man bei Krankheitsherden in einem oder beiden Sehhügeln fand, mochten diese nun beim Menschen entstanden oder bei Thieren künstlich erzeugt sein, außerordentlich geringfügig; auch besteht darüber keineswegs schon eine zureichende Uebereinstimmung der Beobachter. Während NOTHNAGEL [1]) bei Thieren selbst umfangreiche Zerstörungen völlig symptomlos verlaufen sah, gibt FERRIER [2]) Störungen der Sensibilität auf der entgegengesetzten Seite als constanten Erfolg an. Nicht minder gehen die Angaben der klinischen Beobachter aus einander; doch scheint es sich auch hier nach Ausscheidung derjenigen Fälle, in denen die Hirnschenkel mit betroffen wurden, als hinreichend sicher herauszustellen, dass die bewusste Sensibilität sowohl wie die willkürliche Beweglichkeit der Körpertheile keine merklichen Störungen erfahren [3]). Daraus nun zu schließen, dass diese Gebilde überhaupt für die durch Empfindungsreize ausgelösten Bewegungen bedeutungslos seien, würde natürlich übereilt sein. Denn falls etwa in ihnen Reflexübertragungen von sensorischen auf motorische Bahnen stattfinden sollten, so würde dies offenbar nicht hindern, dass nach ihrer Zerstörung die directen Verbindungen zwischen der Großhirnrinde und den Körperorganen noch ungestört functioniren können. In der That weisen pathologische Erfahrungen, die namentlich CRICHTON BROWNE [4]) gesammelt hat, und die freilich noch der Vervollständigung bedürfen, darauf hin, dass die Reflexerregbarkeit der Haut in Folge von Sehhügelläsionen alterirt wird. Hiermit dürften sich auch die Beobachtungen FERRIER's in Einklang bringen lassen, da bei Thieren die wirkliche Anästhesie und die aufgehobene Reflexerregbarkeit schwer zu unterscheiden sind. Eine vollständige Aufhebung der Reflexe ist übrigens nach Zerstörung irgend welcher Reflexcentren des Gehirns niemals zu erwarten, da solche immer noch im Rückenmark und verlängerten Mark ausgelöst werden

nahe der Brücke verletzt, so treten aber auch Störungen in den Bewegungen der Hinterglieder ein, in Folge dessen nun die Ablenkung viel bedeutender ist, indem die Thiere nicht mehr, wie bei der Reitbahnbewegung, einen Kreis beschreiben, in dessen Peripherie sich ihre Längsaxe befindet, sondern sich um ihre eigene Ferse drehen. Man hat diese Form der Bewegung »Zeigerbewegung« genannt, weil bei ihr der Körper der Thiere sich ähnlich einem Uhrzeiger dreht. Bei den tiefer unten ausgeführten Hirnschenkelverletzungen ist es aber stets zweifelhaft, in wieweit mit Fasern der Haube auch solche des Hirnschenkelfußes getroffen sind.

1) NOTHNAGEL, VIRCHOW's Archiv LVIII, S. 429 und LXII, S. 203.

2) FERRIER, Functionen des Gehirns, S. 268.

3) NOTHNAGEL, Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten, S. 235 f. WERNICKE, Lehrb. der Gehirnkrankheiten, III, S. 342. Nur die Zerstörung des Pulvinar pflegt Hemianopie im Gefolge zu haben, was aus der Beziehung desselben zu den Leitungsbahnen des Opticus erklärlich ist.

4) West-Riding Lunatic Asylum-Reports Vol. V. Vgl. auch NOTHNAGEL a. a. O. S. 248.

können, ein Umstand, der zugleich die Erkennung solcher Reflexstörungen erheblich erschweren muss. Außerdem ist bei der Deutung der durch beschränkte centrale Läsionen herbeigeführten Functionsstörungen die Vorstellung fernzuhalten, als ob je nur eine motorische und sensorische Leitungsbahn das Großhirn mit den Körperorganen verbinde, eine Vorstellung, die immer noch zuweilen bei der Beurtheilung physiologischer Versuche sich geltend macht, obgleich sie schon durch die anatomischen Thatsachen hinreichend widerlegt wird. Auch die oben geschilderten Störungen der Ortsbewegung, die nach einseitiger Durchschneidung des Sehhügels auftreten, sind meist von diesem unzulässigen Standpunkte aus beurtheilt worden: insbesondere hat man darüber gestritten, ob dieselben als Lähmungen des Willenseinflusses oder als dauernde Reizungen zu deuten seien[1]. Die letztere Annahme wird theils durch die Dauer der Störung, theils durch die Beobachtung widerlegt, dass im Moment der Verletzung, falls diese den reizbaren Hirnschenkel getroffen hat, also unter dem Einfluss der Reizung, zuweilen eine Bewegung entsteht, die jener gerade entgegengesetzt ist, welche später dauernd sich ausbildet. Dass von einer Aufhebung des Willenseinflusses nicht die Rede sein kann, erhellt aus der trotz der Bewegungsstörungen vorhandenen Möglichkeit einer willkürlichen Innervation, falls die vor dem Sehhügel gelegenen Hirntheile erhalten bleiben. Verletzt man aber beim Frosch, dessen Großhirnlappen entfernt wurden, so dass er keine willkürlichen Bewegungen mehr macht, den Thalamus oder den Zweihügel der einen Seite, so geschehen alle auf sensible Reizung eintretenden Fluchtbewegungen im Reitbahngang. Ebenso behalten Kaninchen und Hunde nach Wegnahme der Großhirnlappen und der Ganglien des Streifenhügels, so lange die Sehhügel erhalten bleiben, ihre normale Körperstellung bei und führen auf Reizung der Haut zweckmäßige und geordnete Fluchtbewegungen aus, die ebenfalls im Reitbahngang zu erfolgen pflegen[2]. Diese Thatsachen beweisen offenbar, dass nicht diejenigen Bahnen, welche die Leitung der Willensimpulse zu den Muskeln vermitteln, in den Sehhügeln sich sammeln, sondern dass die letzteren im Gegentheil solche Centren der Locomotion sind, welche noch unabhängig vom Willen functioniren können, deren sich übrigens immerhin auch der Wille zur Hervorbringung gewisser combinirter Bewegungsformen bedienen mag. Zunächst sind es aber, wie es scheint, Tasteindrücke, welche die von den Sehhügeln ausgehende Erregung

---

1) Die Lähmungstheorie wurde hauptsächlich von SCHIFF (a. a. O. S. 346), die Reizungstheorie von BROWN-SÉQUARD (Lectures on the central nervous system, p. 193 vertreten. Nach der letzteren müssten sich natürlich die Kreuzungen entgegengesetzt verhalten.

2) CHRISTIANI a. a. O. S. 29. GOLTZ, PFLÜGER's Arch. LI, S. 570 ff.

der locomotorischen Werkzeuge bestimmen. Hiernach dürfte die wahrscheinlichste Deutung, welche wir diesen Gebilden geben können, die sein, dass dieselben **Reflexcentren des Tastsinns** darstellen, in denen durch die Tasteindrücke sofort zusammengesetzte Körperbewegungen ausgelöst werden. Insbesondere machen es die umfangreichen Verbindungen des Sehhügels mit der Großhirnrinde wahrscheinlich, dass die von ihm ausgehenden zusammengesetzten Innervationen theils von höheren Centralgebieten erregt werden, theils aber auch auf die letzteren zurückwirken und so den Sehhügelreflexen einen Einfluss auf in der Rinde stattfindende Functionen verschaffen können. Die nach der Abtragung der höheren Hirntheile zurückbleibenden zusammengesetzten Reflexe werden daher auch nur als die **Functionsreste** zu betrachten sein, deren die Vier- und Sehhügelganglien nach der Lösung ihrer Beziehungen zur Großhirnrinde noch fähig bleiben[1].

Aus der hier aufgestellten Ansicht über die Bedeutung der Sehhügel lassen sich nun die Bewegungsstörungen, welche der halbseitigen Durchschneidung derselben folgen, auch im einzelnen befriedigend ableiten. Die Bewegungen unserer Skeletmuskeln sind zunächst abhängig von den Sinneseindrücken; sie richten sich nach diesen, noch bevor der Wille bestimmend und verändernd einwirkt. In erster Linie stehen aber hier die beiden räumlich auffassenden Sinne, also neben dem Gesichtssinn der Tastsinn. Unsere unwillkürlichen oder durch den Willen zwar zuerst angeregten, aber nun der reflectorischen Selbstregulirung überlassenen Bewegungen richten sich fortwährend nach den Tasteindrücken. Durch sie

[1] Schon in der ersten Auflage dieses Werkes (1873) habe ich diese Auffassung von der Function der Sehhügel vertreten, dieselbe aber damals nur auf die Erscheinungen nach der queren Durchschneidung stützen können. Seitdem ist CRICHTON BROWNE durch seine oben erwähnten klinischen Beobachtungen zu einer ähnlichen Anschauung gekommen, und selbst NOTHNAGEL, der sich sonst noch allen derartigen Deutungen gegenüber skeptisch verhält, neigt sich derselben zu. Uebrigens scheint mir der Ausdruck »zusammengesetztes Reflexcentrum« hier geeigneter zu sein als der vom letzteren Forscher gebrauchte »psychisch-reflectorisches Centrum«. (NOTHNAGEL, Topische Diagnostik, S. 254.) Ein gewisses Bedenken könnte vielleicht gegen unsere Deutung der Umstand erwecken, dass die von anatomischer Seite nachgewiesene massige und vielseitige Verbindung des Sehhügels mit der Großhirnrinde (vgl. das Schema Fig. 59 S. 141) der Bedeutung eines Reflexcentrums nicht zu entsprechen scheint. Hierbei ist aber zu bedenken, dass schon die niederen Reflexcentren des Rückenmarks gleichzeitig in einer doppelten Beziehung zu den höheren Centren stehen: erstens insofern als sie wahrscheinlich von diesen aus als Mechanismen combinirter Bewegung benutzt werden können, und zweitens insofern als die Reflexacte selbst Erregungen verursachen, die centripetal weiter geleitet auf die höheren centralen Functionen einwirken können. Die Analyse der Tast- und Gesichtswahrnehmungen macht es höchst wahrscheinlich, dass bei den Vier- und Sehhügeln als Reflexcentren höherer Ordnung gerade die letztere Beziehung von großer Bedeutung ist. Dies vorausgesetzt wird aber der alle anderen Sinnesflächen weit hinter sich lassenden räumlichen Ausbreitung des Tastorgans und seiner Annexe (Gelenke, Muskeln und Organe der Gemeinempfindung) auch eine ausgedehntere Verbindung mit der Großhirnrinde entsprechen müssen.

werden insbesondere die Ortsbewegungen sowie die Tastbewegungen der Arme und Hände geregelt. Ebenso sind diejenigen Muskelspannungen, die in den verschiedenen ruhenden Körperstellungen, wie beim Sitzen, Stehen, eintreten, durch die Tasteindrücke bestimmt. Die letzteren lösen, wie wir annehmen, in den Sehhügelcentren motorische Innervationen aus, welche genau der in den Tasteindrücken sich spiegelnden Körperhaltung entsprechen. Wird nun eines jener bilateralen Centren entfernt, so können die von ihm abhängigen Innervationen nicht mehr erfolgen, während das Centrum der andern Seite noch fortwährend functionirt: so müssen denn die schon in den ruhenden Körperstellungen bemerkbaren Verbiegungen eintreten, mit welchen unmittelbar die Störungen bei der Bewegung zusammenhängen. Diese letzteren sind theils direct durch jene Verbiegungen, theils dadurch verursacht, dass während der Bewegung die veränderte Innervation natürlich im gleichen Sinne sich geltend macht. Aber dabei bleibt die Leitung der Empfindungseindrücke zum Gehirn und der willkürlichen Bewegungsimpulse zu den Muskeln erhalten. So kommt es, dass die anfänglichen Störungen mit der Zeit geringer werden, ja vollständig sich ausgleichen können, ohne dass die anatomische Veränderung beseitigt oder auch nur gemindert wäre. Willkürlich verbessert das Thier seine falschen Bewegungen, und es lernt so allmählich die Störungen des niedrigeren Centralorgans durch das höhere compensiren.

Die in die Sehhügel eintretenden motorischen Bahnen erfahren, wie früher erwähnt wurde, beim Menschen und bei den Thieren nur theilweise Kreuzungen. Auch auf diese physiologische Thatsache wirft die angenommene Function des Sehhügels ein gewisses Licht. Wenn wir die wahrscheinliche Bedeutung der partiellen Kreuzungen überhaupt darin erkannten, dass durch sie verschiedenartige Muskelgruppen beider Körperhälften zu gemeinsamen Functionsherden geführt werden, so wird dies vor allem für jene Centraltheile gelten, welche unabhängig vom Willen in Wirksamkeit treten können. Unter ihnen muss aber vorzugsweise das Reflexcentrum der Ortsbewegungen derartige Verbindungen erforderlich machen. Aus den Verkrümmungen, welche die Theile nach einseitiger Sehhügelverletzung erfahren, lassen sich hier sogar die einzelnen Bahnen, welche sich kreuzen und nicht kreuzen, einigermaßen bestimmen. Bei den Säugethieren sind wahrscheinlich die Rotatoren der Wirbelsäule sowie die Pronatoren (Vorwärtsdreher) und Beuger der Vorderextremität durch eine geradläufige, die Supinatoren (Rückwärtsdreher) und Strecker durch eine gekreuzte Bahn vertreten[1]. Rechts muss also das Centrum für die

[1] Beugung und Pronation, Streckung und Supination sind nämlich im allgemeinen an einander gebunden, theilweise sind sie sogar von den nämlichen Muskeln abhängig.

Beuger und Pronatoren der rechten, die Strecker und Supinatoren der linken Seite, links das Centrum für die Strecker und Supinatoren der linken, die Beuger und Pronatoren der rechten Seite gelegen sein. Für die Hinterextremität gelten wahrscheinlich dieselben Verhältnisse. Findet die Kreuzung durch die hintere Commissur statt, so sind demnach in dieser die Bahnen für die Strecker und Supinatoren zu vermuthen, während die Bahnen für die Beuger und Pronatoren sowie für die Muskeln des Halses und der Wirbelsäule in den geradläufigen Bahnen der Haube verlaufen werden. Durchschneidung eines Sehhügels in seinem hinteren Theil bewirkt daher bei aufrechter Stellung statt des gewöhnlichen Gleichgewichts der Muskelspannungen auf der gleichen Seite Auswärtsrollung, auf der entgegengesetzten Einwärtsrollung der Extremität und gleichzeitig eine Krümmung der Wirbelsäule nach der dem Schnitt entgegengesetzten Seite, nach welcher auch der Reitbahngang bei eintretender Ortsbewegung gerichtet ist[1]). Diese Verkrümmungen treten aber, wie wir annehmen, deshalb ein, weil von den Hautstellen der Seite, auf welcher der Sehhügel getrennt ist, keine Erregungen mehr in den Centren dieses Hirnganglions anlangen, womit auch die durch solche Erregungen ausgelöste motorische Innervation ausbleibt. Von den sensorischen Bahnen ist hierbei vorausgesetzt, dass sie bloß gleichseitig im Sehhügel vertreten sind, eine Annahme, die sich allerdings nicht direct beweisen lässt, weil die zum Sehhügel geleiteten sensorischen Erregungen eben nicht bewusste Empfindungen sind.

Es ist denkbar, dass mit dieser Beziehung der Körperbewegungen zu den Tasteindrücken die Function des Sehhügels noch nicht erschöpft ist. Möglich, dass durch die Fasern, die aus ihm zum tractus opticus verfolgt werden können, die Beziehung der Gesichtseindrücke zu den Körperbewegungen, welcher schon die Vierhügel theilweise bestimmt sind, sich vervollständigt. Wenn derselbe motorische Mechanismus, der von den Tasteindrücken aus regulirt wird, auch vom Sehorgan angeregt werden könnte, so würde eine solche Einrichtung offenbar wesentlich zur Vereinfachung der centralen Vorrichtungen beitragen. Möglich auch, dass noch Verbindungen mit Centralbahnen anderer Sinnesnerven existiren; doch sind alle in dieser Beziehung beigebrachten Beobachtungen noch unsicher. Bei den niederen Wirbelthieren scheinen die Functionen, welche bei den Säugethieren den Sehhügeln zukommen, theilweise den Zweihügeln

1) Die Umkehrung des letzteren bei Verletzungen, die in den vordern Theil des Sehhügels fallen, steht zu der combinirten Wirkung der beiderseitigen Muskeln nicht in Beziehung, da sie nur in der wahrscheinlich am Boden der Sehhügel eintretenden Kreuzung der Bahnen für die Muskeln der Wirbelsäule, wodurch nun die Verkrümmung der letzteren eine der vorigen entgegengesetzte wird, ihren Grund hat.

oder lobi optici übertragen zu sein. Wenigstens stimmen die Störungen, welche die Verletzung oder Abtragung der Zweihügel bei Fröschen im Gefolge hat, abgesehen von den gleichzeitig eintretenden Störungen des Sehens, im wesentlichen mit den Erscheinungen überein, die man nach Sehhügelverletzungen beobachtet[1]). Dies entspricht der anatomischen Thatsache, dass die Thalami bei diesen Thieren sehr unbedeutende Gebilde sind im Vergleich mit den stark entwickelten Zweihügeln.

4. Functionen der Streifenhügel.

Alle Beobachtungen stimmen darin überein, dass Verletzungen der Streifenhügel bei Thieren sowohl wie beim Menschen Störungen der Bewegung nach sich ziehen. Bei Thieren machen sich dieselben meist nur als eine Parese der beiden Extremitätenpaare geltend, die wieder beim Hunde bedeutender ist als beim Kaninchen. Beim Menschen dagegen ist regelmäßig eine vollständige Paralyse der Arme und Beine nebst mangelhafter Beweglichkeit der Rumpfmuskulatur zu beobachten; von den motorischen Gehirnnerven ist nur der Facialis in die Lähmung eingeschlossen. Krankheitsherde im gestreiften Kern und im Linsenkern verhalten sich in dieser Beziehung vollkommen gleich. Bedingung zum Auftreten der paralytischen Symptome ist aber die rasche Entstehung des Herdes; langsam wachsende Geschwülste in diesen Ganglien können unter Umständen völlig symptomlos verlaufen. Im Moment der Entstehung werden zuweilen auch motorische Reizerscheinungen beobachtet. So bringt nach NOTHNAGEL die mechanische oder chemische Reizung eines im gestreiften Kern nahe dem freien Rand gelegenen Punktes beim Kaninchen hastige Laufbewegungen hervor, welche meistens so lange andauern, bis das Thier erschöpft zu Boden sinkt[2]). Aehnliche Laufbewegungen hat schon MAGENDIE nach der völligen Abtragung der Streifenhügel gesehen[3]). Dagegen sind anästhetische Erscheinungen bei Verletzungen dieser Ganglien nicht mit Sicherheit beobachtet worden.

Die Resultate der pathologischen Beobachtung und der Vivisection stimmen demnach darin überein, dass die Streifenhügel centromotorische Gebilde sind, wobei freilich dahingestellt bleibt, inwiefern ihre Wirkung auf die Bewegung durch sensorische Einflüsse bedingt ist. Auch ist bei den intensiven Störungen, welche rasch entstehenden Läsionen

1) GOLTZ, Functionen der Nervencentren des Frosches, S. 52 ff. SCHRADER, PFLÜGER's Arch. XLI S. 76.
2) NOTHNAGEL, VIRCHOW's Archiv LVII, S. 209.
3) MAGENDIE, Leçons sur les fonctions du système nerveux I, p. 280. Vgl. auch SCHIFF, Lehrb. d. Physiol. I, S. 340.

des Streifenhügels zu folgen pflegen, der Verdacht nicht ausgeschlossen, dass dieselben durch Einwirkungen auf die in der inneren Kapsel zur Großhirnrinde emporsteigenden Leitungsbahnen verursacht seien. Ueber die physiologische Bedeutung der vorderen Hirnganglien geben die functionellen Störungen um so weniger einen sicheren Aufschluss, als sie sich mit den Resultaten der anatomischen Untersuchung bis jetzt noch kaum in irgend einen Zusammenhang bringen lassen. Nach der letzteren scheint die ganze Masse der Streifenhügel ein von der Großhirnrinde direct nicht abhängiges Centralgebiet darzustellen, welches aber mit dem kleinen Gehirn in eine bedeutsame Verbindung gesetzt ist. Vielleicht ist es danach gerechtfertigt, in den Streifenhügeln Coordinationsganglien zu vermuthen, welche dem Kleinhirn als Hülfsapparate beigegeben sind oder mit demselben zusammen eine die Bewegungen nach den Empfindungseindrücken regulirende Vorrichtung bilden. In der That wird nach den anatomischen Verbindungen durch die Zerstörung der Streifenhügel immer zugleich die Störung der Kleinhirnfunctionen herbeigeführt werden müssen, eine Folgerung, mit der auch die Thatsache übereinstimmt, dass bei angeborenem Kleinhirnmangel zugleich Atrophie der Streifenhügel, besonders der Linsenkerne, beobachtet wurde [1].

5. Functionen des Kleinhirns.

Die Bewegungsstörungen nach vollständiger Entfernung des kleinen Gehirns bei Thieren lassen im allgemeinen dem Symptomenbilde der Ataxie sich zurechnen. Alle Bewegungen werden schwankend und unsicher, während der Einfluss des Willens auf die einzelnen Muskeln nicht aufgehoben ist. Wird eine beschränkte Stelle des kleinen Gehirns gereizt, so entstehen krampfhafte Muskelbewegungen: Kopf und Wirbelsäule werden nach der dem Reiz entgegengesetzten Seite gedreht, indess die gleichseitigen Vorderbein- und Gesichtsmuskeln contrahirt sind [2]. Bei elektrischer Reizung beobachtete Ferrier außerdem Bewegungen der Augen, von verschiedener Richtung je nach der gereizten Stelle; doch ist es unsicher, inwieweit an diesen Erscheinungen Stromesschleifen auf die tiefer liegenden Vierhügel und auf das Gehörlabyrinth betheiligt waren [3]. Dauerndere Störungen treten ein nach der Durchschneidung einzelner Kleinhirntheile sowie der Kleinhirnstiele, die übrigens selbst oder in ihren Ausstrahlungen bei allen tiefergehenden Verletzungen des Kleinhirns mitgetroffen werden.

---

1) Flechsig, Plan des menschl. Gehirns. S. 41.
2) Nothnagel, Virchow's Archiv, LXVIII, S. 33.
3) Ferrier, Functionen des Gehirns, S. 108.

Nach einem Schnitt durch die vorderste Gegend des Wurms pflegen die Thiere nach vorwärts zu fallen; bei ihren spontanen Bewegungen ist der Körper vorn übergeneigt, fortwährend zum wiederholten Fallen bereit. Ist der hintere Theil des Wurms durchschnitten, so wird dagegen der Körper nach rückwärts gebeugt, und es ist eine Neigung zu retrograden Bewegungen vorhanden[1]). Hat man die eine Seitenhälfte verletzt oder abgetragen, so fällt das Thier auf die der Verletzung entgegengesetzte Seite, und daran schließen sich heftige Drehbewegungen um die Körperaxe, die meistens nach der verletzten, zuweilen aber auch nach der gesunden Seite gerichtet sind[2]). Außerdem bemerkt man im Moment des Schnitts convulsivische Bewegungen der Augen, welchen eine dauernde Ablenkung derselben meist im nämlichen Sinne, in dem auch die Rollbewegung stattfindet, nachfolgt. Wurde z. B. die rechte Kleinhirnhälfte durchschnitten, so werden beide Augen nach rechts gedreht, wobei das rechte etwas nach unten, das linke nach oben sich richtet[3]). Beide Lageänderungen entstehen, wenn auf der verletzten Seite der äußere gerade und der obere schräge Augenmuskel, auf der unverletzten der innere gerade und der untere schräge Augenmuskel in stärkere Spannung versetzt werden.

Den Beobachtungen an Thieren entsprechen die klinischen Erfahrungen beim Menschen, insofern auch hier Bewegungsstörungen ähnlicher Art als das constanteste Symptom sich darbieten. Sie bestehen meist in unsicherem und schwankendem Gang, zuweilen auch in ähnlichen Bewegungen des Kopfes und der Augen[4]): weniger scheinen die Vorderextremitäten ergriffen zu sein, und nur selten sind beim Menschen jene gewaltsamen Drehbewegungen beobachtet, welche bei Thieren einseitige Verletzungen der Seitentheile oder der mittleren Kleinhirnstiele begleiten[5]). Letzteres hat wohl

---

1) Renzi, Ann. universal. 1863, 64. Auszug in Schmidt's Jahrb. der Medicin. CXXIV S. 157. Luciani, Il Cervelletto, nuovi studi. Firenze 1891, p. 49.

2) Ueber die Richtung der nach Kleinhirnverletzungen eintretenden Rollbewegungen sind die verschiedenen Beobachter durchaus uneins. Nach Magendie (Leçons sur les fonctions du syst. nerv. I, p. 257) sowie nach Gratiolet und Leven (Comptes rendus 1860, II, p. 917) erfolgt die Drehung gegen die verletzte, nach Lafargue (Longet a. a. O. I, S. 356) und Lussana (Journ. de la physiol. V, p. 433) nach der unverletzten Seite. Nach Schiff (Physiologie I, S. 353) geschieht die Rollung im letzteren Sinne, wenn der Brückenarm getrennt wurde, im ersteren, wenn die Kleinhirnhälfte selbst durchschnitten ist, und Bernard (Leçons sur la physiol. du syst. nerv. I, p. 488) bemerkt, dass Verletzungen des hintern Theils der Brückenarme Rotation nach derselben Seite, Verletzungen des vordern Theils Rotation nach der entgegengesetzten Seite hervorrufen. Bechterew (Pflüger's Archiv XXXIV, S. 362) beobachtete nach Durchschneidung des unteren Kleinhirnstiels Rollung nach der operirten, nach Durchschneidung der mittlern und obern Rollung nach der entgegengesetzten Seite. Hiernach scheint es, dass die Widersprüche in den Angaben von dem verschiedenen Ort der Verletzung und von dem hiermit zusammenhängenden Einfluss der Kreuzungen der Leitungsbahnen herrühren.

3) Gratiolet et Leven, Comptes rend. 1860, II, p. 917. Leven et Ollivier, Arch. génér. de med. 1862, XX, p. 513. Bechterew a. a. O. S. 378.

4) Ladame, Hirngeschwülste, S. 93. Wernicke, Gehirnkrankheiten III, S. 353 ff.

5) Luciani, Il Cervelletto, nuovi studi, Firenze 1891, p. 32.

darin seinen Grund, dass sich die pathologischen Läsionen des Kleinhirns meistens langsamer entwickeln. Uebrigens treten überhaupt die Bewegungsstörungen beim Menschen vorzugsweise dann ein, wenn der Wurm der Sitz des Leidens ist, wogegen Veränderungen in einer der Hemisphären vollkommen symptomlos verlaufen können[1]. Nur bei völligem Wegfall dieser Theile, wie er in den seltenen Fällen von Atrophie des ganzen Organs vorkommt, scheinen tiefgreifende Störungen einzutreten, die dann aber nicht bloß die Bewegungen, sondern auch die Intelligenz treffen und wegen ihrer complicirten Beschaffenheit nur schwer eine Deutung zulassen[2]. Störungen der Sensibilität scheinen bei Affectionen, die auf das Kleinhirn beschränkt bleiben, niemals vorzukommen; sie sind sogar bei völliger Atrophie des Organs nicht beobachtet. Ein charakteristisches subjectives Symptom dagegen, welches sich an die Cerebellarerkrankungen des Menschen häufiger als an jede andere centrale Störung gebunden zeigt, ist der Schwindel, der namentlich bei vorhandenen Bewegungsstörungen selten fehlt. Mit Rücksicht hierauf ist es bemerkenswerth, dass beim gesunden Menschen die Leitung eines galvanischen Stroms durch das Hinterhaupt starke Schwindelanfälle hervorbringt[3]. Die Vermuthung liegt nahe, dass dieselben theilweise wenigstens durch den Einfluss auf das Cerebellum erzeugt werden. Ebenso ist eine Betheiligung des letzteren bei gewissen toxischen Einwirkungen, welche Schwindelanfälle herbeiführen, wahrscheinlich; so hat man nach starker Alkoholeinwirkung zuweilen Blutergüsse im Cerebellum gesehen[4]. Nun können Schwindelerscheinungen im allgemeinen auf doppeltem Wege entstehen: erstens durch die Functionsstörung bestimmter peripherischer Sinnesapparate, deren Eindrücke das Zustandekommen solcher Empfindungen vermitteln, welche die Vorstellung des statischen Gleichgewichts des Körpers während der Ruhe und Bewegung hervorbringen; und zweitens durch centrale Functionsstörungen, welche irgendwie geeignet sind das normale Verhältniss zwischen den Sinneseindrücken und den Bewegungen oder Bewegungsvorstellungen zu verändern. Einen Sinnesapparat der

---

1) Nothnagel a. a. O. S. 50.

2) In einem Fall, in welchem das Kleinhirn und der Pons vollständig fehlten, waren willkürliche Bewegungen möglich, doch war große Muskelschwäche vorhanden, die Patientin fiel häufig, und ihre Intelligenz war sehr mangelhaft. (Longet, Anatomie et physiol. du système nerveux I, p. 764). Beobachtungen von Kirchhoff über einige Fälle von Atrophie und Sklerose des Kleinhirns stimmen damit im wesentlichen überein. (Archiv f. Psychiatrie XII, S. 647 ff.) In einem Falle Hitzig's von übrigens nur theilweiser Atrophie war zwar die Intelligenz, nicht aber die Bewegung gestört. Hitzig selbst nimmt an, dass dabei umfangreiche Stellvertretungen, namentlich auch von Theilen des Großhirns aus, eingetreten seien. (Ebend. XV, S. 266 ff.)

3) Purkinje, Rust's Magazin der Heilkunde XXIII, 1827, S. 297. Hitzig, Das Gehirn, S. 196 ff.

4) Von Flourens, Lussana und Renzi beobachtet. Siehe den letzteren in Schmidt's Jahrb. CXXIV, S. 158.

ersteren Art werden wir späterhin in den Ampullen und Bogengängen des Ohrlabyrinths kennen lernen[1]). Ihm gegenüber scheint nun das Kleinhirn dasjenige Centralorgan zu sein, dessen experimentelle oder pathologische Veränderungen jedenfalls am häufigsten objective oder subjective Schwindelsymptome aus centralen Ursachen erzeugen. Bei der räumlichen Nähe des Ohrlabyrinths und dieses Centralorgans ist es aber begreiflich, dass beide Formen der Gleichgewichtsstörung, die peripherisch verursachte und die durch Cerebellaraffectionen central bedingte, häufig schwer auseinander zu halten sind. Auch sind offenbar manche der oben erwähnten Einwirkungen, wie die galvanische Durchströmung des Hinterhaupts, durchaus geeignet beiderlei Wirkungen gleichzeitig hervorzubringen. Immerhin spricht für eine relativ unabhängige Coexistenz beider Formen der Bewegungsstörung die Thatsache, dass sich bei Thieren nach doppelseitiger Herausnahme des Ohrlabyrinths noch die Kleinhirnsymptome, ebenso wie umgekehrt nach Exstirpation des Kleinhirns noch die der Zerstörung der Bogengänge folgenden Erscheinungen experimentell hervorbringen lassen, und dass die Gleichgewichtsstörungen am intensivsten und dauerndsten sind, wenn beide Organe gleichzeitig zerstört wurden[2]). Letztere Beobachtung spricht zugleich dafür, dass sowohl der centrale Apparat für den peripherischen wie dieser für jenen bis zu einem gewissen Grade compensirend eintreten kann, eine Folgerung, aus der sich außerdem indirect ergibt, dass das nächste Centralorgan für den Sinnesapparat der Ampullen und Bogengänge nicht oder wenigstens nicht ausschließlich im Cerebellum seinen Sitz hat. Im übrigen ist aber eine solche Compensation offenbar nur dann möglich, wenn beide Apparate auch in gewissen functionellen Eigenschaften übereinstimmen.

Nun kann die gestörte Function eines peripherischen Sinnesorgans oder eines Centralgebiets nur dadurch Schwindelerscheinungen hervorbringen, dass die normale Zuordnung der Sinneseindrücke zu den Bewegungen des eigenen Körpers irgendwie gestört ist. In der That ist es leicht ersichtlich, dass die Entstehung von Schwindel, wo ihr bestimmt nachweisbare subjective oder objective Ursachen zu Grunde liegen, stets auf diese allgemeine Bedingung zurückgeführt werden kann. Deshalb kann nun aber auch diese Entstehung im einzelnen wieder in sehr mannigfaltiger Weise sowohl central wie peripherisch bedingt sein. So schwindelt es den Ungeübten beim Gehen auf dem Eise; auch die Unsicherheit des Sehens, wie sie bei Amblyopischen oder Schielenden oder bei normalsichtigen Menschen in Folge der Verdeckung des einen Auges eintritt, ist nicht selten von Schwindel begleitet. Noch ausgeprägter stellt sich der letztere bei den Gehbewegungen Solcher ein, bei denen eine

1) Vgl. Abschn. III, Cap. XI, 4. 2) B. LANGE, PFLÜGER's Archiv L., S. 615 ff.

Degeneration der hinteren Rückenmarksstränge die Tastempfindungen abstumpft oder aufhebt. Indem hier der Patient den Widerstand des Bodens nicht mehr in gewohnter Weise empfindet, verliert er das Gleichgewicht: er wankt und sucht sich durch Balanciren mit den Armen vor dem Sturz zu bewahren [1]). Diese Erscheinungen beweisen zugleich, wie unerlässlich die Coordination der Sinneseindrücke und der Bewegungen für die richtige Ausführung unserer willkürlichen Bewegungen ist. Obgleich uns bei den letzteren im allgemeinen nur der Zweck, welcher erreicht werden soll, deutlich bewusst ist, so zeigt sich doch jeder einzelne Act einer zusammengesetzten willkürlichen Handlung genau angepasst den Eindrücken, die wir von unserm eigenen Körper und von den äußeren Objecten empfangen. Gemäß dieser ausschließlichen Richtung der Willenshandlung auf den zu erreichenden Zweck nehmen aber auch diese die Bewegungen regulirenden Sinneseindrücke im allgemeinen nicht an der Vorstellung der Bewegung Theil, und selbst der plötzliche Ausfall jener regulirenden Eindrücke wird zumeist nur indirect, durch die eintretende Störung der Bewegungen und die von ihr abhängigen subjectiven Erscheinungen, wahrgenommen.

Nun hat man die Erscheinungen, die in Folge von Eingriffen in die Functionen des Kleinhirns entstehen, entweder auf eine partielle Aufhebung willkürlicher Bewegungen oder auf eine Störung von Empfindungen oder endlich auf eine gestörte Beziehung der Empfindungen zu den von ihnen abhängigen Bewegungen zurückgeführt. Die erste dieser Annahmen ist aber sofort dadurch ausgeschlossen, dass paralytische Erscheinungen niemals nach der Hinwegnahme des Kleinhirns oder einzelner Theile desselben vorkommen; zudem wird nie in Folge rein motorischer Lähmungen Schwindel beobachtet. Eher kann der letztere, wie wir oben sahen, nach einer partiellen Aufhebung der Empfindungen sich einstellen. In der That hat man daher in dem Kleinhirn ein Organ des Muskelsinnes vermuthet und demgemäß angenommen, die Störungen, welche durch experimentelle oder pathologische Eingriffe in dessen Functionen entstünden, seien durch die theilweise Aufhebung jener Empfindungen veranlasst, durch die wir ein Maß von der Kraft und dem Umfang unserer willkürlichen Bewegungen empfangen [2]). Aber diese Ansicht lässt sich wieder schwer mit der Thatsache vereinigen, dass in den Fällen von Atrophie des Kleinhirns beim Menschen sowie nach der völligen Exstirpation desselben bei Thieren noch active Ortsbewegungen stattfinden können, die, wenn sie auch schwankend und unsicher sind, doch immerhin eine gewisse Empfindung

1) Leyden, Virchow's Archiv XLVII, S. 321.
2) Lussana, Journal de la physiol. t. V, p. 418, t. VI, p. 169. Lussana et Lemoigne, Fisiologia dei centri nervosi. Padova 1871. Vol. II, p. 219.

in den Muskeln der Ortsbewegung voraussetzen lassen. Auch haben wir bei der Betrachtung der Leitungsbahnen schon gesehen, dass nach der Beseitigung gewisser Gebiete der Großhirnrinde Bewegungsstörungen beobachtet werden, die unzweideutiger als die Läsionen des Kleinhirns auf eine Störung der Bewegungsempfindungen hinweisen. (Vgl. S. 157.) Ebenso wenig kann aber von einer Aufhebung anderer Empfindungen die Rede sein: das Tastorgan ist gegen Eindrücke empfindlich; die etwa vorkommenden Störungen im Gebiet des Gesichtssinns beschränken sich durchaus auf jene Unsicherheit der Wahrnehmung, wie sie stets Schwindelanfälle begleitet[1]. Finden wir sonach weder paretische noch anästhetische Symptome, so scheint nur übrig zu bleiben, dass wir die eigenthümlichen Störungen, die nach Läsionen des Kleinhirns zur Beobachtung kommen, auf eine gestörte Beziehung zwischen den äußeren Eindrücken und unsern Körperbewegungen zurückführen. In der That dürfte aber gerade auf diese Bedingung die Beschaffenheit der hier vorliegenden Störungen hinweisen. Nach ihnen liegt die Annahme nahe, dass durch die Functionshemmung des kleinen Gehirns zunächst die Einwirkung jener sensibeln Eindrücke gestört wird, welche unmittelbar auf die willkürliche Bewegungsinnervation einen regulirenden Einfluss ausüben. Ist die Functionshemmung eine einseitige, so erfolgt die peripherische Störung im allgemeinen auf der gegenüberliegenden Körperseite: auf dieser sinkt nun das Thier im Moment der Verletzung zusammen, um dann, wie bei andern Formen des Schwindels, durch rasche unwillkürliche Drehung nach der andern Seite die verlorene Unterstützung zu gewinnen. Doch ist die Richtung der Drehung, wie wir gesehen haben, nicht ganz constant. Dies würde sich erklären, wenn man voraussetzte, dass auf der ganzen Seitenbahn des kleinen Gehirns von den strickförmigen Körpern an bis zu den Brückenarmen die Kreuzung der Fasern allmählich geschieht, so dass dieselbe erst vollendet ist in den Brückenarmen, während bei Trennungen, die das kleine Gehirn treffen, bald die eine, bald die andere Körperseite vorwiegend von der Störung betroffen wird, je nachdem eine Stelle getrennt wurde, an welcher der größere Theil der Fasern noch ungekreuzt oder schon gekreuzt ist. In dieser Beziehung mögen auch wohl bei verschiedenartigen Thieren Unterschiede obwalten. So ist es augenfällig, dass bei Vögeln die Störungen nach halbseitigen Kleinhirnverletzungen meistens beide Körperseiten ergreifen[2]. Vielleicht hängt diese Erscheinung mit der Bewegungsweise der Thiere zusammen, indem die Unterglieder bei den Flugbewegungen nicht, wie bei den Ortsbewegungen der Säugethiere, abwechselnd, sondern synchronisch wirksam sind. Am Auge tritt nach

1) NOTHNAGEL a. a. O. S. 65.
2) LUSSANA, Journ. de la physiol. V, p. 433.

Functionshemmungen des kleinen Gehirns wahrscheinlich das ähnliche ein wie an den Organen der Ortsbewegung, indem das normale Stattfinden der Augenbewegungen ebenfalls von der Coordination zu bestimmten Sinneseindrücken abhängt, die an die Stellungen und Bewegungen des Auges gebunden sind[1]).

Dabei ist übrigens nicht zu übersehen, dass es sich hier nirgends um

1) Die durch GALL und andere Phrenologen aufgekommene Ansicht, dass das kleine Gehirn zu den Geschlechtsfunctionen in Beziehung stehe, ist gegenwärtig wohl allgemein aufgegeben. Vgl. COMBE: On the fonctions of the cerebellum by Dr. GALL, VIMOND and others. Edinburgh 1838. Die kritiklose Weise, in welcher hier und in andern phrenologischen Schriften Citate aus alten Schriftstellern, mangelhaft untersuchte Krankheitsfälle und der Selbsttäuschung dringend verdächtige Beobachtungen zu einem Beweismaterial angehäuft werden, das lediglich durch seine Masse imponiren soll, würde selbst dann die Berücksichtigung verbieten, wenn nicht allen diesen Arbeiten von Anfang bis zu Ende die Voreingenommenheit des Urtheils aufgeprägt wäre. Uebrigens ist bemerkenswerth, dass noch neuerdings Beobachter, denen eine ähnliche Befangenheit nicht zugeschrieben werden kann, wie LUSSANA (Journ. de la phys. t. V, p. 440) und R. WAGNER (Göttinger Nachrichten 1860, S. 32), auf pathologische Erfahrungen gestützt, eine Beziehung des Kleinhirns zu den Geschlechtsfunctionen für möglich hielten. Doch kommt hierbei in Betracht, dass in pathologischen Fällen häufig benachbarte Theile mitgestört sind. SERRES (Anat. compar. du cerveau, t. II, p. 601, 717) hat die Ansicht von GALL dahin modificirt, dass bloß dem mittleren Theil des Kleinhirns jene Bedeutung zukomme; aber schon LONGET bemerkt, dass gerade Affectionen des Wurms am leichtesten auf das verlängerte Mark zurückwirken; zugleich hebt derselbe hervor, dass man durch Reizung des Marks bis in den Halstheil, niemals aber durch Reizung des kleinen Gehirns Priapismus hervorrufen könne (Anatomie und Physiol. des Nervensystems I, S. 615). LUCIANI (Linee generali della fisiologia del cervelletto. Firenze 1884) konnte bei Hunden das Kleinhirn fast vollständig exstirpiren, ohne eine Störung des Geschlechtstriebes zu beobachten. Gegenüber vereinzelten Beobachtungen ist es endlich entscheidend, dass die Statistik der Kleinhirntumoren die Ansicht der Phrenologen nicht im geringsten bestätigt (LADAME, S. 99). Vom vergleichend-anatomischen Standpunkte haben LEURET (Anatomie comparée du système nerveux I, p. 219) sowie OWEN (Anatomy of vertebrates I, p. 287) hervorgehoben, dass im Thierreich die Energie der Geschlechtsfunctionen und die Entwicklung des Cerebellum durchaus nicht gleichen Schritt halten. Dagegen bemerkt der letztere, dass ein stark entwickeltes Cerebellum durchweg auf eine stark entwickelte Körpermuskulatur zurückschließen lasse. Bei Thieren, die nach der Exstirpation des Kleinhirns längere Zeit am Leben erhalten blieben, beobachtete LUCIANI Ernährungsstörungen, nach denen er dem Kleinhirn neben seiner Bedeutung für die Körperbewegungen auch einen nutritiven Einfluss zuschreibt. Den Einfluss auf die Bewegungen ist LUCIANI nach seinen umfangreichen physiologischen und pathologischen Beobachtungen geneigt als einen directen zu betrachten, indem er annimmt, dass die potenzielle Energie in der gesammten willkürlichen Muskulatur durch die Wirkungen des Kleinhirns erhöht werde. Die eigenthümlichen Ausfalls- und Schwindelerscheinungen nach Verletzungen desselben werden daher von ihm im wesentlichen als reine Symptome der Muskelschwäche betrachtet (LUCIANI, Il Cervelletto, p. 300 ff.), und er sieht demgemäß in diesem Organe einen Apparat zur Ansammlung und Aufspeicherung der Kräfte des centralen Nervensystems, analog wie die Ganglien des Sympathicus für beschränktere Nervengebiete solche Apparate zu sein scheinen. Wenn übrigens LUCIANI zu Gunsten dieser Hypothese anführt, dass sie dem Cerebellum keine specifische Function zuschreibe, so dürfte hiergegen einzuwenden sein, dass gerade auf Grund der Annahme einer nicht-specifischen Energie der centralen Elemente jene Kräfte der Ansammlung der Energie allen Centraltheilen zukommen werden, dass jedoch mit dieser allgemeinen Eigenschaft stets besondere Functionen verbunden sind, die allerdings nicht von der specifischen Natur der Elemente, wohl aber von den Verbindungsweisen derselben unter einander und mit den peripherischen Organen abhängt. Vgl. hierzu unten Nr. 7 und Cap. VI.

eine wirkliche Aufhebung der Empfindungen handelt. Da man selbst nach tiefgreifenden Läsionen des Cerebellum alle bewussten Empfindungen fortdauern sieht, so kann nur ein Hinwegfall solcher Eindrücke angenommen werden, welche direct und ohne vorherige Umsetzung in bewusste Empfindungen auf die Regulirung der Bewegungen einwirken[1]). Ebensowenig werden die willkürlichen Bewegungen an sich aufgehoben, da selbst nach vollständiger Zerstörung des Cerebellum der Wille noch über jeden einzelnen Muskel seine Herrschaft ausüben kann. Nur hierdurch wird es auch erklärlich, dass die Störungen nach Kleinhirnverletzungen allmählich sich ausgleichen können. Diese Ausgleichung geschieht, indem mittelst der fortdauernden bewussten Empfindungen die willkürlichen Bewegungen neu regulirt werden. Aber eine gewisse schwerfällige Unsicherheit bleibt immer zurück. Man sieht es den Bewegungen an, dass sie erst aus einer Art Ueberlegung hervorgehen müssen. Jene unmittelbare Sicherheit der Bewegungen, wie sie das unverletzte Thier besitzt, ist verloren. Auch hier kommt demnach das Princip der mehrfachen Vertretung der Körpertheile im Gehirn zur Geltung. Das kleine Gehirn scheint der unmittelbaren Regulation der Willensbewegungen durch die Sinneseindrücke bestimmt zu sein. Es würde danach dasjenige Centralorgan sein, welches die von der Großhirnrinde aus angeregten Bewegungen des thierischen Körpers in Einklang bringt mit der Lage desselben im Raume. Was uns die Anatomie über den Verlauf der ein- und austretenden Leitungswege gelehrt hat, steht in zureichender Uebereinstimmung mit dieser Auffassung. In den untern Kleinhirnstielen nimmt dieses Organ eine Vertretung der allgemeinen sensorischen Bahn auf, welche von Seiten des Sehnerven und der vordersten sensibeln Hirnnerven wahrscheinlich ergänzt wird durch Fasern, die im vordern Marksegel und in den Bindearmen verlaufen. Seine obere Verbindung aber geschieht durch die Binde- und Brückenarme, durch die es theils mit den vordern Hirnganglien, theils mit den verschiedensten Theilen der Großhirnrinde in Zusammenhang steht[2]).

1) Die von LUCIANI (a. a. O. p. 297) hervorgehobene Integrität sämmtlicher Sinnesempfindungen bei tiefgreifenden Kleinhirnverletzungen scheint mir darum kein zwingender Einwand gegen die hier aufgestellte Hypothese zu sein, weil dieser unmittelbare regulirende Einfluss der Sinneseindrücke auf die Bewegungen beseitigt sein kann, ohne dass die bewussten Empfindungen aufgehoben sind. Auch hier spielt eben die oben hervorgehobene Mehrheit der centralen Vertretungen der peripherischen Organe ihre Rolle. Ebenso ist es nicht zutreffend, dass die obige Hypothese sich bloß auf anatomische Betrachtungen stützt; vielmehr sind es wesentlich die nach Reizungen wie Verletzungen des Kleinhirns beobachteten physiologischen Erscheinungen, die zum Ausgangspunkte derselben gedient haben.

2) Bei der nahen Beziehung der Oliven zu den Leitungsbahnen des Kleinhirns (vgl. S. 120 ff.) ist es erklärlich, dass die Verletzung derselben ähnliche Bewegungsstörungen veranlasst wie die des Kleinhirns selbst. In der That wurden solche von BECHTEREW beobachtet. (PFLÜGER's Archiv XXIX, S. 257.) Entsprechende Gleichgewichtsstörungen fand derselbe außerdem regelmäßig nach Verletzung der Wände des dritten

Ob hiermit alle Functionen des Kleinhirns erschöpft sind, ist freilich zweifelhaft. Die massenhafte Entwicklung der Seitentheile dieses Organs beim Menschen legt im Zusammenhang mit der Beobachtung, dass Bewegungsstörungen hauptsächlich an Verletzungen des Wurmes gebunden scheinen, den Gedanken an anderweitige Functionen nahe. Zunächst könnte hier an die namentlich beim Menschen so bedeutungsvolle Beziehung der Gehörseindrücke zu den Bewegungen gedacht werden. Wenn, wie man vermuthet, für den Hörnerven eine Zweigleitung über das Kleinhirn existirt, deren unterer Theil in den dem Strickkörper sich anschließenden Centralfasern des Acusticus liegt, während der obere in den oberen Kleinhirnstielen zu jenem vordern Theil der Großhirnrinde verläuft, von welchem die motorische Innervation ausgeht, so könnte in dieser Anordnung ein Ausdruck für die eigenthümliche Beziehung der Gehörsempfindungen zu den Bewegungen unseres eigenen Körpers gefunden werden. Falls das Kleinhirn überhaupt jene sensorische Zweigbahn ablenkt, welche Eindrücken entspricht, die von directem Einfluss auf unsere Willensbewegungen sind, so scheint es nicht unwahrscheinlich, dass derjenige Sinnesnerv, der objectiven Sinneseindrücken eine eminente Beziehung zur Bewegung gibt, in der nämlichen Bahn vertreten ist. Diese Beziehung findet bekanntlich vor allem darin ihren Ausdruck, dass rhythmischen Schalleindrücken unsere Bewegungen in entsprechendem Rhythmus sich anpassen.

6. Functionen der Großhirnhemisphären.

Der physiologische Versuch sowohl wie die pathologische Beobachtung zeigen, dass örtlich beschränkte Zerstörungen der Hirnlappen ohne wahrnehmbare Veränderungen der Functionen geschehen können. Nur dann, wenn die Abtragung in weitem Umfange erfolgt, erscheinen die Thiere schwerfälliger, stumpfsinniger; aber auch diese Veränderung schwindet namentlich bei den niederen Wirbelthieren meistens bald wieder. Eine Taube, der man den einen Großhirnlappen völlig oder von beiden beträchtliche Theile entfernt hat, ist nach Tagen oder Wochen häufig nicht mehr

---

Hirnventrikels. (Ebend. XXXI, S. 479). Als peripherische Organe, deren Reizung oder Verletzung ähnliche Symptome wie die des Cerebellum hervorbringt, werden wir außerdem später die Bogengänge des Ohrlabyrinths kennen lernen. Vergl. Cap. XI. Wenn von verschiedenen physiologischen Autoren das Kleinhirn als ein »centrales Gleichgewichtsorgan« oder auch als ein »Coordinationsorgan« bezeichnet wird, so scheinen diese Ansichten der oben entwickelten am nächsten zu kommen. Aber jene Ausdrücke bezeichnen zusammengesetzte Begriffe, die eine nähere Analyse der Bedingungen fordern, auf denen das Gleichgewicht oder die Coordination der Bewegungen des Körpers beruht.

von einem normalen Thier zu unterscheiden. Je entwickelter das Großhirn ist, um so mehr schwindet allerdings diese scheinbare Indifferenz gegen seine Misshandlungen. Bei Kaninchen und noch mehr bei Hunden ist der Stumpfsinn, die allgemeine Trägheit der Bewegungen schon viel deutlicher als bei Vögeln [1]), und beim Menschen hat man zwar örtlich beschränkte Texturveränderungen, namentlich wenn sie allmählich entstanden, ebenfalls symptomlos verlaufen sehen, aber irgend ausgebreitetere Verletzungen sind hier meistens von Störungen der willkürlichen Bewegung, seltener von solchen der Sinne oder der psychischen Functionen begleitet [2]). Was die letzteren betrifft, so scheinen dieselben bleibend nur in solchen Fällen alterirt zu sein, wo die Rinde beider Großhirnlappen in umfangreicherem Maße verändert ist. Totale Zerstörung eines Großhirnlappens hat man dagegen sogar beim Menschen mehrfach ohne nachweisbare Beeinträchtigung der Intelligenz beobachtet [3]).

Werden beide Großhirnlappen bei Erhaltung der Mittelhirnganglien und des Cerebellum vollständig abgetragen, so tritt als nächste Folge der Operation völlig stumpfsinniges Verhalten der Thiere ein, wobei diese zugleich in einer und derselben Körperstellung zu verharren pflegen, so lange sie nicht durch sensible Reize zu Fluchtbewegungen oder anderen zusammengesetzten Reflexen angetrieben werden [4]). Wesentlich anders gestalten sich die Erscheinungen, wenn es gelingt, die Thiere längere Zeit am Leben zu erhalten. Vögel, Kaninchen und selbst Hunde reagiren nun in diesem großhirnlosen Zustand nicht bloß zweckmäßig auf Tast- und Gesichtsreize, sondern sie passen ihre Bewegungen ebenso wie normale Thiere den äußeren Eindrücken an: sie weichen Hindernissen aus, sie vermögen durch Balanciren das Körpergleichgewicht herzustellen u. dergl.; ja die Thiere vollziehen anscheinend spontan Bewegungen, indem sie hin- und herlaufen, vorgehaltene Nahrung ergreifen und verschlingen. Demgemäß erscheinen sie im vollen Besitz der Sinnes- und der Bewegungsfunctionen. Dagegen fehlen nicht nur alle intellectuellen Aeußerungen, sondern auch der Ausdruck von Gemüthsbewegungen beschränkt sich auf Schmerzäußerung nach starken Empfindungsreizen, während jeder Ausdruck der Freude und anderer zusammengesetzter Affecte verloren gegangen ist. Auch sind die spontanen Bewegungen weit einförmiger und beschränkter als die eines unversehrten Thieres: der großhirnlose Hund geht, meist im be-

1) Goltz, Pflüger's Arch. XIII, S. 1, XIV, S. 412, XX, S. 1.

2) Vgl. die Fälle bei Longet (Anat. und Physiol. des Nervensystems I, S. 542 f.) und Ladame (Hirngeschwülste, S. 186 f.), sowie Nothnagel, Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten, S. 435 ff.

3) Longet, Anatomie u. Physiol. des Nervens. I, S. 539.

4) Flourens, Untersuchungen über die Eigenschaften und Verrichtungen des Nervensystems S. 28, 80.

schleunigten Tempo, fortwährend hin und her, großhirnlose Vögel fliegen nur, wenn man sie in die Luft wirft, niemals spontan [1]. Ein wesentlicher Unterschied der Erfolge der totalen und der bloß partiellen Ausschneidung des Großhirns besteht jedoch darin, dass im ersteren Fall, nachdem die der Operation unmittelbar folgende Depression der Functionen vorübergegangen ist, die bleibenden Störungen niemals wieder ausgeglichen werden, wogegen nach bloß partieller Exstirpation eine je nach dem Umfang der Zerstörung mehr oder weniger vollständige Wiederherstellung der intellectuellen Leistungen eintreten kann [2].

Das hieraus hervorgehende allgemeine Resultat, dass die physiologischen Eigenschaften der Großhirnhemisphären zu den geistigen Functionen in nächster Beziehung stehen, wird durch die vergleichende Anatomie insofern bestätigt, als dieselbe zeigt, dass die Masse der Großhirnlappen und namentlich ihre Oberflächenentfaltung durch Furchen und Windungen mit der steigenden Intelligenz der Thiere zunimmt. Dieser Satz wird freilich durch die Bedingung eingeschränkt, dass beide Momente, Masse und Faltung der Oberfläche, in erster Linie von der Körpergröße abhängig sind. Bei den größten Thieren sind die Hemisphären absolut, bei den kleinsten relativ, d. h. im Verhältniss zum Körpergewicht, größer, und die Faltungen nehmen, wie aus der relativen Abnahme der Oberfläche bei wachsendem Volum eines Organs verständlich ist, mit der Gehirngröße zu: alle sehr großen Thiere haben daher gefurchte Hirnlappen [3]. Außerdem ist die Organisation von wesentlichem Einflusse. Unter den auf dem Lande lebenden Säugethieren besitzen die Insectivoren das windungsärmste, die Herbivoren das windungsreichste Gehirn, in der Mitte stehen die Carnivoren; die meerbewohnenden Säugethiere gehen, obgleich sie Fleischfresser sind, den Herbivoren voran. So kommt es, dass der oben aufgestellte Satz überhaupt nur in doppelter Beziehung Gültigkeit beanspruchen kann: erstens bei der weitesten Vergleichung der Gehirnentwicklung im Wirbelthierreich und zweitens bei der engsten Vergleichung von Thieren verwandter Organisation und ähnlicher Körpergröße. Im letzteren Fall ist eigentlich allein das Resultat ein schlagendes. Vergleicht man z. B. die Gehirne verschiedener Hunderassen oder der menschenähnlichen Affen und des Menschen, so kann kein Zweifel sein, dass die intelligenteren Rassen oder Arten größere und windungsreichere Hemisphären besitzen.

---

1) Schrader, Pflüger's Archiv XLIV, S. 175 ff. Goltz, ebend. LI S. 570 ff.

2) Die längere Zeit nach totaler Abtragung der Großhirnlappen beobachtete, besonders von Goltz und Schrader hervorgehobene Abmagerung der Thiere, die sich dann auch regelmäßig mit einer Wiederabnahme der spontanen Bewegungsfähigkeit verbindet, ist vermuthlich nur eine Folge der allmählich eintretenden Erweichung des Mittelhirns und der secundären Degeneration, die sich im Rückenmark entwickelt.

3) Leuret et Gratiolet, Anatomie comparée du système nerveux, II, p. 290.

Weitaus am bedeutendsten ist dieser Unterschied zwischen dem Menschen und den übrigen Primaten[1].

Wenn nun die Masse und Oberflächenentfaltung des Gehirns zu einem um so sichereren Maß der geistigen Anlagen werden, je näher sich die der Vergleichung unterworfenen Formen stehen, so wird man erwarten dürfen, dass dies im höchsten Grade der Fall sein werde bei Individuen der nämlichen Species. In der That ist es für den Menschen durch die Beobachtung zweifellos erwiesen, dass Individuen von hervorragender Begabung große und windungsreiche Hemisphären besitzen[2]. Das physiologische Verständniss der Hirnfunctionen wird freilich auch durch dieses Ergebniss nicht viel gefördert. So liegt denn die Frage nahe, ob nicht eine Beziehung der Massen- und Oberflächenentwicklung der einzelnen Theile der Hirnlappen zu bestimmten Richtungen des geistigen Lebens sich nachweisen lasse. Die Phrenologie, welche aus dem Bestreben einen solchen Nachweis zu führen hervorging, ist ebensowohl an der Kritiklosigkeit ihrer Methode wie an der Mangelhaftigkeit ihrer physiologischen und psychologischen Vorbegriffe gescheitert. Indem man die geistigen Functionen als Verrichtungen einer Anzahl innerer Sinne ansah, wurde jedem der letzteren nach Analogie der äußeren Sinne sein besonderes Organ angewiesen. Um die Untersuchung dieser Organe am lebenden

---

1) Huschke fand das durchschnittliche Gewicht des männlichen Gehirns germanischer Rasse im Alter zwischen 30 und 40 Jahren = 1424, des weiblichen Gehirns = 1273 Grm. (Schädel, Hirn und Seele, S. 60.) Bei den tiefer stehenden Menschenrassen scheint das Hirn an Gewicht kleiner und namentlich an Windungen ärmer zu sein; doch fehlt es darüber an zureichenden Bestimmungen (ebend. S. 78). Sicherer sind in dieser Beziehung die Messungen der Schädelcapacität, welche auf das Hirnvolum zurückschließen lassen. (Huschke, S. 48 f. Broca, Mémoires d'anthropologie. Paris 1871, p. 191.) Ueber das Verhältniss der einzelnen Hirntheile zu einander beim Menschen und bei verschiedenen Thieren vgl. Huschke a. a. O. S. 93 f. H. Wagner (Maßbestimmungen der Oberfläche des großen Gehirns. Cassel und Göttingen 1864, S. 35, 89) fand die Gesammtoberfläche des Gehirns beim Menschen 2196—1877, beim Orang 533,5 □cm. Das Gewicht des letzteren Gehirns betrug 79,7 Grm.

2) Der obige Satz wurde von Gall aufgestellt (Gall und Spurzheim, Anatomie et physiol. du système nerveux II, p. 251) und dann von Tiedemann bestätigt (Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und Orang-Utangs verglichen. Heidelberg 1837, S. 9). R. Wagner, dem man die wissenschaftliche Verwerthung mehrerer Gehirne hervorragender Männer (Gauss, Dirichlet, C. Fr. Hermann u. a.) verdankt, widersprach demselben. (Göttinger gel. Anz. 1860, S. 65. Vorstudien zu einer wissenschaftl. Morphologie und Physiologie des Gehirns. Göttingen 1860, S. 38.) C. Vogt (Vorlesungen über den Menschen I, S. 98) hat aber mit Recht darauf hingewiesen, dass Wagner's eigene Zahlen für jenen Satz eintreten, wenn man aus denselben diejenigen Beispiele herausgreift, welche wirklich Individuen von unzweifelhaft hervorragender Begabung betreffen. Zum selben Resultat ist auch Broca gekommen (Mémoires d'anthropologie, p. 155). Uebrigens bedarf es kaum der Bemerkung, dass auch hier die sonstigen Factoren, wie Rasse, Körpergröße, Alter, Geschlecht, in Rücksicht gezogen werden müssen. Ein normales Hottentottengehirn würde, hat schon Gratiolet bemerkt, im Schädel eines Europäers Idiotismus bedeuten. Außerdem ist die Oberflächenfaltung, namentlich die der Stirnlappen, offenbar von wesentlicherer Bedeutung als das Volum oder Gewicht des Gehirns. (H. Wagner a. a. O. S. 36.)

Menschen möglich zu machen, verlegte man dieselben an die Oberfläche des Gehirns und setzte überdies einen Parallelismus der Schädel- und Hirnform voraus, welcher nachweislich nicht existirt. Dieser psychologischen Begriffszersplitterung der Phrenologie gegenüber wies zuerst Flourens auf die Einheit und Untheilbarkeit der geistigen Functionen hin, um daran die Folgerung zu knüpfen, dass auch das Organ derselben ein untheilbares sein werde. Dieser Vorstellung, nach welcher die Masse der Großhirnhemisphären physiologisch ebenso gleichwerthig ist wie eine secernirende Drüse, z. B. die Niere, scheinen in der That die physiologischen Beobachtungen, die wir oben kennen lernten, in gewissem Grade zu entsprechen, da dieselben im allgemeinen lehren, dass die theilweise Wegnahme der Hirnlappen nur die geistigen Functionen im ganzen schwächt, nicht etwa, wie nach der Annahme einer Localisation der Functionen erwartet werden müsste, einzelne Verrichtungen beseitigt und andere unversehrt lässt.

Nichts desto weniger beruht offenbar auch diese Vorstellung auf einer unklaren Auffassung der physiologischen Beziehungen des Gehirns zum gesammten Organismus. Sie konnte in der Physiologie nur so lange die Herrschaft behaupten, als man von den Structurverhältnissen des Gehirns lediglich keine Notiz nahm, und musste weichen, sobald die Anatomie zur Einsicht geführt hatte, dass alle Körpertheile im Gehirn und zwar schließlich in der Großhirnrinde vertreten sind. Es ist daher bezeichnend, dass, lange bevor die physiologischen Versuche zur Annahme einer Localisation gewisser Vorgänge führten, die Gehirnanatomen immer wieder zu derartigen Vorstellungen zurückkehrten. Freilich verfiel man dabei meistens in den Fehler, dass man entweder den inneren Sinnen der Phrenologen oder den Seelenvermögen der gangbaren Psychologie ihre abgegrenzten Organe im Gehirn anzuweisen suchte. Dem liegt aber eine Annahme zu Grunde, auf deren Widerlegung die ganze neuere Nervenphysiologie gerichtet ist, obgleich sie sich selbst dieser Tendenz nicht immer deutlich bewusst wurde: die Annahme einer *specifischen Function der nervösen Elementartheile*. Die ältere Nervenphysiologie hatte eine solche in beschränkterer Bedeutung zugelassen, indem sie den Satz von der *specifischen Energie der Nerven* aufstellte, welcher besagte, dass jeder Nerv entweder motorisch oder sensibel sei und im letzteren Fall in einer der fünf Sinnesqualitäten (Gesicht, Gehör, Geruch, Geschmack, Gefühl) auf Reize reagire. Hier war mit der specifischen Energie immer noch ein klarer und einfacher Begriff verbunden. Sollten aber Raumsinn, Farbensinn, Formensinn oder Verstand, Phantasie, Gedächtniss u. s. w. an verschiedene Elementartheile gebunden sein, so wurden nicht nur viel mannigfaltigere Functionen, sondern überdies solche vorausgesetzt, mit

denen ein einfacher Begriff sich schlechterdings nicht mehr verbinden ließ. Wir können uns vorstellen, dass eine bestimmte Nervenfaser oder eine bestimmte Ganglienzelle nur in der Form der Lichtempfindung oder des motorischen Impulses functionire, nicht aber, wie etwa gewisse centrale Elemente der Phantasie, andere dem Verstande dienen sollen. Augenscheinlich liegt hier der Widerspruch darin, dass man sich complexe Functionen an einfache Gebilde gebunden denkt. Wir müssen aber nothwendig annehmen, dass elementare Gebilde auch nur elementarer Leistungen fähig sind. Solche elementare Leistungen sind nun im Gebiet der centralen Functionen Empfindungen, Bewegungsanstöße, nicht Phantasie, Gedächtniss u. s. f.

Sogar in diesem beschränkteren Sinne ist jedoch die Annahme einer specifischen Energie zweifelhaft geworden. Dieselbe würde nothwendig zu der Vorstellung einer unabänderlichen Constanz der Function führen: die motorische Nervenfaser oder Ganglienzelle dürfte unter keinerlei Umständen zur Leitung oder Uebertragung von Empfindungen sich hergeben, ja eine bestimmte sensible Faser würde immer nur eine bestimmte Art der Sinneserregung zu leiten vermögen. Bei den Nervenfasern widerspricht dieser Annahme das nicht zu bezweifelnde doppelsinnige Leitungsvermögen[1]. Wenn die motorischen und die sensibeln Nerven beide sowohl centrifugal wie centripetal leiten können, und wenn überdies die physikalischen Vorgänge, welche in beiden den Vorgang der Erregungsleitung begleiten, übereinstimmen, so würde offenbar die Annahme eines specifischen Unterschieds der Functionen durch nichts gerechtfertigt sein; die Verschiedenheit des Reizerfolgs wird ja hinreichend durch die verschiedene centrale und peripherische Endigungsweise der Nervenfasern

1) Abgesehen von der doppelseitigen Fortpflanzung der negativen Schwankung des Nervenstroms, in der man allerdings nicht mehr als einen Wahrscheinlichkeitsgrund für das doppelsinnige Leitungsvermögen wird erblicken können, sind es hauptsächlich zwei experimentelle Thatsachen, aus denen das letztere gefolgert werden muss: erstens die von Kühne beobachtete Erscheinung, dass Reizung eines motorischen Nervenzweiges Zuckungen solcher Muskelpartien auslösen kann, die von Fasern versorgt werden, welche höher oben aus dem nämlichen Nerven entspringen (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1859, S. 595), und zweitens die von Paul Bert gemachte Beobachtung, dass der Schwanz einer Ratte, nachdem zuerst seine Spitze mit dem Rücken des Thieres verheilt und dann seine Basis durchschnitten worden ist, gleichwohl in seiner ganzen Länge empfindlich bleibt (Compt. rend. T. 84, 1877, p. 178). Die erste dieser Beobachtungen beweist, dass die motorische Nervenfaser in centripetaler, die zweite, dass die sensible in centrifugaler Richtung zu leiten vermag. Eine noch directere Bestätigung der functionellen Indifferenz peripherischer Nerven suchten Philipeaux und Vulpian zu gewinnen, indem sie die Durchschnittsenden eines motorischen und eines sensibeln Nerven (Hypoglossus und Lingualis) mit einander verheilten und nun durch Reizung des ursprünglich sensibeln Nerventheils Muskelcontractionen auslösten. Neuere Untersuchungen von Vulpian haben jedoch die Beweiskraft dieses Versuchs in Frage gestellt, indem sie es wahrscheinlich machten, dass die Erscheinung von beigemengten motorischen Fasern (der Chorda tympani) herrührt. (Compt. rend. T. 76, 1873, p. 146.)

erklärlich. Insbesondere kommt hierbei für die Leitung innerhalb der Centralorgane jene doppelte Form der Nervenfortsätze der Ganglienzellen in Betracht, welche sichtlich mit der Leitungsrichtung zusammenhängt[1]). Natürlich ist aber damit nicht ausgeschlossen, dass nicht eine gewisse Anpassung der Nervenfasern an jene Formen der Erregung, denen sie durch ihre normalen Verbindungen unterworfen sind, stattfinde; in der That scheinen manche Beobachtungen auf eine derartige Anpassung hinzuweisen[2]).

Zwingender noch sind die Gründe, welche bei den Ganglienzellen die Annahme einer absoluten Constanz der Function unmöglich machen. Schon im vorigen Capitel haben wir gesehen, dass die Störungen, die nach Beseitigung bestimmter Gebiete der Hirnrinde sich einstellen, meistens nach kürzerer oder längerer Zeit wieder gehoben werden, und diese Erscheinung konnte auf keine andere Weise als durch die Voraussetzung erklärt werden, dass andere Elemente stellvertretend die Function der hinweggefallenen übernehmen. Darin liegt aber eingeschlossen, dass die stellvertretenden Elemente auf neue Functionen eingeübt werden. In wie großem Umfange die Möglichkeit derartiger Stellvertretungen angenommen werden muss, dies zeigen nun namentlich die vorhin besprochenen Erscheinungen, welche der partiellen Exstirpation der Großhirnlappen folgen. Wenn ein Hund, der einen großen Theil seiner Sinnescentren und motorischen Innervationsherde eingebüßt hat, gleichwohl nach vollendeter Ausgleichung der anfänglichen Störungen die willkürliche Bewegung wieder erlangt und keine einzige Sinnesfunction völlig eingebüßt hat, so muss offenbar eine Stellvertretung in so weitem Maße angenommen werden, dass keine specifische Function mehr übrig bleibt: ein Element, das unter normalen Leitungsverhältnissen eine Gesichtsempfindung vermittelt, wird durch veränderte Bedingungen Träger einer Tastempfindung, einer Muskelempfindung oder motorischen Innervation; ja es wird kaum die Annahme sich abweisen lassen, dass, sofern nur durch das centrale Fasernetz verschiedenartige Vorgänge einem und demselben Element zugeleitet werden konnen. dieses selbst im Stande sei, eine Mehrheit verschiedener Functionen

1) Vergl. oben Cap. II S. 36 ff.

2) Hierher gehört zunächst die mehrfach constatirte Thatsache, dass die Durchschnittsenden gleichartiger Nerven leichter als diejenigen ungleichartiger (sensibler und motorischer) mit einander verwachsen. Ebenso würde, wenn die Vermuthung von Vulpian sich bestätigen sollte, dass nach der Verwachsung eines sensibeln mit einem motorischen Nervenende die Reizung des ersteren niemals Zuckungen auslöst, dies hierher zu beziehen sein. Andere Thatsachen scheinen auf vorübergehende Anpassungen hinzuweisen. So fanden Philipeaux und Vulpian, dass nach der Durchschneidung des Hypoglossus der Lingualis allmählich motorische Wirkungen auf die Zunge gewinnt, die von den in ihm enthaltenen Fasern der Chorda herrühren, aber nur so lange andauern, als sich der Hypoglossus nicht regenerirt hat. (Compt. rend. T. 56. 1863, p. 1009; T. 76, 1873, p. 146.

in sich zu vereinigen. Es ist klar, dass eine so weitgehende functionelle Accommodation der gangliösen Elemente eine specifische Energie der centralen Nervenfasern völlig unhaltbar erscheinen lässt, sofern man unter derselben mehr verstehen sollte als eine Anpassung an die Leitung derjenigen Erregungsvorgänge, welche durch die bestehenden Verbindungen der Elementartheile zunächst begünstigt sind.

Man hat nun freilich eingewandt, durch eine Stellvertretung in solchem Umfange, wie sie die Resultate der Exstirpationsversuche annehmen lassen, werde die ganze Grundlage dieser Hypothese, die Localisation der Gehirnfunctionen, selbst in Frage gestellt, und es erscheine dem gegenüber weit einfacher, wieder zu der Anschauung von FLOURENS zurückzukehren, wonach die Großhirnhemisphären in allen ihren Theilen gleichmäßig zu den von ihnen ausgehenden Functionen befähigt seien[1]. Will man aber diese Anschauung in einer Form aufrecht erhalten, in der sie nicht sofort mit unserer Kenntniss der Structurverhältnisse des Gehirns und mit den zahlreichen den unsicheren Deutungen des physiologischen Experiments minder ausgesetzten pathologischen Erfahrungen über die Localisation gewisser Functionen in Widerspruch tritt, so wird man natürlich nicht etwa vermuthen können, dass z. B. bei dem gleichzeitigen Vollzug einer Klang-, einer Lichtempfindung und einer Muskelbewegung das Gehirn in seiner ganzen Masse von den drei Formen der Klangerregung, Lichterregung und motorischen Erregung ergriffen werde, sondern man wird sicherlich annehmen, dass jeder dieser Vorgänge in besonderen Elementen stattfinde. Auch in einem secernirenden Organ wie der Niere wird ja nicht jeder Tropfen secernirter Flüssigkeit von allen Theilen gleichzeitig geliefert. Ueberdies ist aber diese Analogie schon deshalb eine verfehlte, weil in dem Gehirn sehr verschiedenartige functionelle Vorgänge vorauszusetzen sind. Gibt man nun zu, dass in dem oben bezeichneten Sinne eine räumliche Trennung der Functionen nothwendig stattfinden müsse, so kann die Bestreitung ihrer Localisation eben nur den Sinn haben, dass man die absolute Constanz der Functionen leugnet. Dies ist es aber gerade, was auch von Seiten der Stellvertretungshypothese geschieht. Der Unterschied beider Anschauungen besteht also nur darin, dass die Bekämpfer der Localisation geneigt sind, ein minder strenges Gebundensein bestimmter Functionen an bestimmte Theile der Großhirnrinde vorauszusetzen, und hierin liegt eben, dass sie eine Stellvertretung in weit größerem Umfange für möglich halten, als dies gewöhnlich angenommen wird. In letzterer Beziehung muss in der That zugegeben werden, dass die Hypothesen, wonach die Stellvertretung entweder auf symmetrisch gelegene Elemente

1) GOLTZ, PFLÜGER's Archiv XX, S. 35.

der andern Hirnhälfte[1] oder auf unmittelbar benachbarte Elemente[2] sich beschränken soll, den Erfordernissen der Beobachtung nicht genügen. Ist auch bei der Ausgleichung gewisser Störungen, z. B. der totalen Aphasie, eine Stellvertretung durch die gegenüberliegende Hirnhälfte zu vermuthen, und mag in andern Fällen, z. B. bei der Ausgleichung motorischer Störungen, die durch umschriebene Rindendefecte veranlasst sind, zunächst die Erregung auf benachbarte Rindentheile sich ausbreiten, die nunmehr allmählich den neuen Einflüssen sich anpassen, so lassen doch die relativ unbedeutenden Erfolge größerer Substanzverluste bei Thieren kaum bezweifeln, dass unter Umständen, namentlich bei einer relativ unvollkommenen Ausbildung der Centralorgane, jenes Princip der stellvertretenden Function schließlich nur an den Grenzen des die Zellen der Großhirnrinde nach allen Seiten verbindenden Fasernetzes seine eigene Grenze findet. Gerade die Indifferenz der Function, die wir für die nervösen Elemente voraussetzen müssen, dürfte es begreiflich machen, dass diejenigen Ausfallserscheinungen, die nach einer vor längerer Zeit eingetretenen Hinwegnahme ansehnlicher Theile der Hirnlappen bei Thieren zurückbleiben, nicht sowohl in einem Mangel bestimmter Sinnesempfindungen oder Bewegungen, als vielmehr in einer allgemeinen Depression der Functionen bestehen. Wenn wir bedenken, dass in dem gebliebenen Gehirnrest Erregungen, die zuvor getrennt waren, vielfach an die nämlichen centralen Elemente gebunden sein werden, so wird es begreiflich, dass sich die Wahrnehmungen unvollkommen vollziehen, dass die Thiere zu feineren Bewegungen ungeschickt werden, und dass intellectuelle Leistungen, zu denen stets zahlreiche reproducirte Vorstellungen disponibel sein müssen, fast ganz hinwegfallen; und wir werden nicht nöthig haben zur Erklärung derartiger Erscheinungen zu der abenteuerlichen Vorstellung zu greifen, dass in jeder Ganglienzelle der Großhirnrinde ein Partikelchen »Intelligenz« seinen Sitz habe, welche demnach proportional dem Verlust an grauer Substanz sich vermindern müsse. Uebrigens scheint die Vergleichung der Gehirnversuche bei verschiedenen Thieren und der pathologischen Beobachtungen am Menschen zu lehren, dass der Umfang, in welchem Stellvertretungen stattfinden können, in hohem Grade von der speciellen Organisation des Gehirns abhängig ist. Während man bei Fröschen und Vögeln sofort nach der Wegnahme beträchtlicher Hirnmassen zwar eine Trägheit aller Functionen, aber nirgends eine bestimmte Lähmung der Empfindung oder Bewegung wahrnimmt, schwinden beim Hunde erst nach längerer Zeit die anfänglich bestehenden speciellen Ausfallssymptome. Beim Menschen aber scheinen

1) Soltmann, Jahrb. f. Kinderheilkunde. N. F. IX, S. 106.
2) Carville et Duret, Arch. de physiol. 1875, p. 352.

die letzteren, falls die Verletzung einen erheblicheren Umfang erreicht, überhaupt niemals zu schwinden, oder höchstens dann, wenn die Verletzung in der frühesten Lebenszeit erfolgt ist[1]. Beim Erwachsenen ist, wie es scheint, kein Fall zur Beobachtung gekommen, in welchem nach einer umfangreichen Zerstörung der centromotorischen Zone eine vollständige Beseitigung der Paralyse erfolgt wäre. Es ist also wohl nicht daran zu zweifeln, dass mit der steigenden Entwicklung des Hirnbaues die functionelle Sonderung der Theile zunimmt, und dass damit zugleich die Möglichkeit einer Stellvertretung in engere Grenzen eingeschränkt wird. Auch während der individuellen Entwicklung scheinen sich diese Verhältnisse geltend zu machen. Abgesehen von den oben berührten pathologischen Erfahrungen, nach denen beim Menschen Verletzungen, die in den ersten Lebensjahren geschehen, leichter sich ausgleichen, dürfte in diesem Sinne auch die Beobachtung von Soltmann zu deuten sein, dass die Exstirpation der motorischen Rindencentren bei neugeborenen Hunden keine merklichen Bewegungsstörungen nach sich zieht[2].

Ebenso unhaltbar wie die Annahme einer gleichförmigen Betheiligung des Gehirns an allen seinen Leistungen ist aber die entgegengesetzte Voraussetzung einer strengen Localisation, welche in der Hirnrinde Elemente voraussetzt, die in ihrer Function vollständig einzelnen peripherischen Nervenfasern und ihren Endigungen entsprechen sollen, so dass also z. B. eine Sehfläche im Centralorgan existire, die der Fläche der Retina durchaus äquivalent sei. Um gleichwohl auch über den Einfluss des Gehirns auf die psychischen Leistungen Rechenschaft zu geben, bleibt dann nichts übrig, als neben diesen einfachen Elementen solche von höchst complexer Natur anzunehmen, in denen sich Erinnerungsbilder ablagern, logische Begriffe bilden u. dergl. Neben der Verlegung complexer Functionen in einfache Elemente macht man hier noch die früher schon gerügte falsche Schlussfolgerung, Elemente, deren Beseitigung eine bestimmte Function aufhebt, seien als die Erzeuger dieser Function anzusehen[3]. Das nämliche gilt von der Hypothese, dass in den Zellen eines bestimmten Centralgebiets Vorstellungen einer bestimmten Kategorie befestigt seien, in den Zellen der centralen Sehsphäre also z. B. die sämmtlichen Gesichtsvorstellungen, über welche das betreffende Individuum verfüge. Man denkt sich hier die Vorstellungen schichtenweise in Zellenfeldern abgelagert und daher durch Abtragung der letzteren so lange aus dem Ge-

1) Vgl. Ferrier, Localisation der Hirnerkrankungen, S. 86.

2) Soltmann, Jahrb. f. Kinderheilkunde. N. F. IX, S. 106. Die gleichzeitig gefundene Wirkungslosigkeit elektrischer Reizung der Hirnrinde bei neugeborenen Thieren konnte von andern Beobachtern nicht bestätigt werden. Vgl. Paneth, Pflüger's Archiv XXXVII, S. 202.

3) Vgl. oben S. 174.

dächtniss verschwunden, bis sie gelegentlich wieder neuen Zellen einverleibt werden[1]. Diese Anschauung hat sogar zu dem seltsamen Versuche geführt, die Zahl der etwa von einem Gedächtniss zu fassenden Vorstellungen nach der Zahl der Rindenzellen abschätzen zu wollen. Auch in ihrer Anwendung auf die Symptombilder der Aphasie führt sie zu den ungeheuerlichsten Annahmen. Bei den Formen der amnestischen Aphasie beobachtet man, dass für das Verschwinden der Wortvorstellungen aus dem Gedächtniss psychologische Motive bestimmend sind. Am leichtesten verschwindet der Vorrath an Eigennamen, dann gehen die häufiger gebrauchten Substantiva verloren, am sichersten haften die abstracteren Redetheile und die zum Ausdruck bestimmter Gemüthsbewegungen dienenden Interjectionen[2]. Man müsste also nicht nur voraussetzen, dass die Wortvorstellungen nach grammatischen Kategorien im Gehirn abgelagert seien, sondern auch dass durch irgend einen wunderbaren Zufall bei einer partiellen Zerstörung des sensorischen Wortcentrums jedesmal zuerst die Schichte der Eigennamen, dann die der andern concreten Substantiva und hierauf erst der Rest der grammatischen Zellencomplexe, zu allerletzt wahrscheinlich die Interjectionszellen heimgesucht werden! Eine Annahme, die zu so absurden Consequenzen führt, ist nicht einmal als provisorische Hypothese brauchbar. Es ist aber wohl beachtenswerth, dass in dieser Annahme, welche die Irrthümer der Phrenologie in einer etwas abgeänderten Form erneuert, offenbar das Princip der specifischen Energie seine folgerichtige Durchführung findet. War es der Fehler der älteren Phrenologie, dass sie je einem beliebigen Complex von Elementartheilen ein verwickeltes Geistesvermögen zutheilte, so liegt der Irrthum dieser ihrer jüngeren Schwester darin, dass sie die einzelnen vorgeblichen Elemente der geistigen Thätigkeit, zunächst die Vorstellungen, in den morphologischen Elementen des Centralorgans verkörpert denkt. Diese Anschauung ist aber in doppelter Beziehung fehlerhaft. Erstens ist jede jener Vorstellungen, die man hierbei als psychische Elemente annimmt, z. B. eine Gesichts-, eine Wortvorstellung, in Wahrheit ein höchst zusammengesetztes Product, bei welchem demnach auch ein verwickeltes Zusammenwirken zahlreicher centraler Elemente vorausgesetzt werden muss. Zweitens sind die Vorstellungen nicht Substanzen, sondern F u n c t i o n e n. Wie ein gegebenes Netzhautelement an der Erzeugung unzähliger Gesichtsbilder betheiligt sein kann, so wird dies auch bei jeder Ganglienzelle vorauszusetzen sein, ja hier in noch höherem

---

1) Vgl. z. B. MEYNERT, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie von LEIDESDORF und MEYNERT, 1867, S. 80. MUNK, Ueber die Functionen der Großhirnrinde, Berlin 1891, Einleitung S. 9. Sitzungsber. der Berl. Akad. 20. Juni 1889, S. 7 ff. Vgl. hierzu meine Abh.: Zur Frage der Localisation der Großhirnfunctionen, Philos. Stud. VI, S. 1.

2) KUSSMAUL a. a. O. S. 163 f.

Maße wegen der größeren Indifferenz der Function centraler Elemente, auf welche die Erscheinungen der Stellvertretung hinweisen.

Aus diesen letzteren Erscheinungen geht zugleich hervor, dass wir nur mit beträchtlichen Einschränkungen berechtigt sind, die Rinde des Großhirns in Provinzen einzutheilen, welche den verschiedenen Sinnesorganen und Bewegungswerkzeugen des Körpers entsprechen. Kann unter abgeänderten Leitungsbedingungen eine neue Vertheilung der Functionen zu Stande kommen, so liegt die Vermuthung nahe, dass auch unter normalen Verhältnissen Schwankungen vorkommen, die von der verschiedenen individuellen Entwicklung abhängig sind. Unter allen Umständen wird es ferner unzulässig sein, anzunehmen, dass lediglich an die Function bestimmter centraler Zellen die eigenthümliche Form unserer sinnlichen Empfindung gebunden sei, dass also z. B. die Empfindung einer gewissen Farbe der psychologische Vorgang sei, welcher unabänderlich den physiologischen Process innerhalb einer bestimmten Zellengruppe begleite. Unter dieser Voraussetzung wäre es schlechthin unbegreiflich, wie unter abgeänderten Leitungsbedingungen die nämliche Empfindung allmählich an eine andere Zellengruppe übergehen kann. Vielmehr werden wir annehmen müssen, dass bei einer Sinnesempfindung die Reizungsvorgänge von dem peripherischen Anfang des Sinnesnerven an bis zu seiner centralen Endigung im Gehirn betheiligt sind, dass also z. B. auf die Qualität der Lichtempfindung der Vorgang in der Netzhaut von wesentlichem Einflusse ist. In der That wird dies auch durch die Beobachtung bestätigt, dass Blind- oder Taubgeborenen die Qualitäten des Lichtes oder der Farbe gänzlich fehlen, trotz unverkümmerter Ausbildung des Gehirns, und obgleich auch bei ihnen zu jenen centralen Erregungen Anlass gegeben ist, welche beim Sehenden und Hörenden Sinnesempfindungen in der Form der Phantasie- und Erinnerungsbilder verursachen. Anderseits freilich können nach dem Verlust der äußern Sinnesorgane die einmal erworbenen Qualitäten der Empfindung lange Zeit erhalten bleiben. Es widerspricht dies aber nicht dem Princip der Indifferenz der Function, welches nur verlangt, dass zu einer bestimmten Functionsform eine äußere Ursache gegeben sein müsse, aber nicht ausschließt, dass die einmal eingeübte Functionsform auch dann noch andauert, wenn ihre äußere Ursache hinwegfällt. Wir haben auch hier vorauszusetzen, dass eine Anpassung der centralen Elemente an die ihnen zugeführten Erregungsvorgänge stattfindet, wodurch eine Art centraler Signale für die peripherischen Vorgänge sich ausbildet. Je zusammengesetzter eine Sinnesvorstellung ist, um so verwickelter wird nun diese ursprüngliche Mitarbeit der peripherischen Sinnesorgane und der niedrigeren Centralgebiete sein. Bei einer räumlichen Gesichtsvorstellung z. B. werden die Beschaffenheit des Netzhautbildes,

die durch die Anordnung der Stäbchen und Zapfen bedingte Schärfe der Auffassung, die ebenfalls wahrscheinlich zunächst in peripherischen Bedingungen gelegenen localen Färbungen der Empfindung, die Bewegungsenergien der Augenmuskeln und des Accommodationsapparates, die zwischen Netzhauterregung und Bewegung im Mittelhirn vermittelte Reflexübertragung in Betracht kommen. Für alle diese Vorgänge werden schließlich centrale Signale existiren, durch welche eine Reproduction früher stattgefundener Vorstellungen ermöglicht wird, welche aber niemals in Wirksamkeit treten können, wenn nicht jene äußeren Entstehungsbedingungen vorangegangen sind.

Dass angesichts einer derartigen Zergliederung der geistigen Functionen weder von einer völligen functionellen Identität einzelner Rindenelemente mit bestimmten Retinapunkten, noch davon die Rede sein kann, dass die Intelligenz, der Wille und andere complicirte Geistesthätigkeiten an einzelne Hirntheile oder — was im wesentlichen auf das nämliche hinauskommt — in dem Sinne von Flourens an die Gesammtmasse der Hirnlappen gebunden seien, versteht sich von selbst. Sind doch jene Geistesvermögen Begriffe, mit denen wir außerordentlich verwickelte Complexe elementarer Functionen bezeichnen, wobei überdies nur die sinnlichen Grundlagen dieser Thätigkeiten, die den Empfindungen parallel gehenden nervösen Erregungsvorgänge, einer physiologischen Analyse zugänglich sind, während alles, was die eigentliche Leistung der Intelligenz ausmacht, durchaus nur ein Gegenstand psychologischer Untersuchung sein kann. Ebenso ist die Bezeichnung der Großhirnrinde als »Organ des Bewusstseins« nur unter wesentlichen Einschränkungen zulässig[1]). Will man damit die Thatsache andeuten, dass die Hinwegnahme der Hirnlappen alle Lebensäußerungen aufhebt, die wir beim Menschen in der Regel auf das Bewusstsein beziehen, so ist hiergegen nichts einzuwenden, obgleich die Frage, inwiefern den niederen Centraltheilen ein unvollkommener Grad von Bewusstsein zukomme, hierdurch noch nicht erledigt ist[2]). Soll dagegen das Wort Organ hier im gewöhnlichen physiologischen Sinne verstanden werden, als das Werkzeug, welches Bewusstsein hervorbringt, so wird die Bezeichnung zweifellos unrichtig. An der Entstehung des Bewusstseins sind alle Organe betheiligt, an deren Functionen die Entwicklung unserer Vorstellungen gebunden ist, also außer den sämmtlichen Centraltheilen insbesondere auch die peripherischen Sinnes- und Bewegungswerkzeuge[3]). Ist

1) Vgl. C. Wernicke, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, XXXV, 4. Heft, S. 420 und die hierauf bezüglichen kritischen Bemerkungen von J. L. A. Koch ebend. 6. Heft.

2) Hinsichtlich dieser Frage sowie der psychologischen Untersuchung des Bewusstseins überhaupt vgl. Abschnitt IV, Cap. XV.

3) Auch von S. Stricker ist auf diese Betheiligung anderer Organe bei der Aus-

nun aber auch das Bewusstsein nach seiner Entstehung nicht sowohl Lebensäußerung eines einzelnen Organs als des gesammten Organismus, so macht sich doch der hervorragende Werth der Großhirnrinde für dasselbe insbesondere auch darin geltend, dass sie gewisse Bewusstseinszustände unabhängig von den äußeren Hülfsmitteln, die bei ihrer ursprünglichen Entstehung wirksam waren, zu erneuern vermag. Insofern nun gerade das entwickelte Bewusstsein, das wir allein aus unserer inneren Beobachtung kennen, durchaus an die Reproduction und Verbindung der Vorstellungen gebunden ist, hat man gewiss das Recht, das große Gehirn und insbesondere dessen Rinde als das Organ zu bezeichnen, dessen Function am unerlässlichsten ist für das Bewusstsein. Wir dürfen aber dabei doch niemals übersehen, dass das Bewusstsein als solches überhaupt keine Function ist, sondern dass wir lediglich gewisse Zustände, die wir in uns antreffen, eben insofern wir sie innerlich wahrnehmen, als bewusste bezeichnen und demgemäß nun auch in einem übertragenen Sinne von diesen Zuständen sagen, dass sie »im Bewusstsein« seien. Es versteht sich von selbst, dass wir uns durch diesen Sprachgebrauch nicht dürfen verführen lassen, das Bewusstsein als etwas anzusehen, was unabhängig von den Zuständen existirte, welche uns bewusst sind, und das neben den physiologischen Vorgängen, die unsere Empfindungen und sonstigen inneren Zustände begleiten, noch eines besonderen physischen Substrates bedürfte. In diesem Sinne können wir darum ebenso wenig von einem »Sitz des Bewusstseins« wie von einem »Sitz der Intelligenz« reden. Gleichwohl bietet die Gehirnphysiologie eine Reihe von Erfahrungen dar, die zwar nicht für das Bewusstsein selbst, aber für gewisse an die höheren Entwicklungsformen desselben gebundene Vorgänge ein physiologisches Substrat zu ergeben scheint, welches einen Theil der Großhirnrinde in Anspruch nimmt.

---

bildung des Bewusstseins hingewiesen worden (Studien über das Bewusstsein. Wien 1879, S. 8 f.). Wenn aber dieser Autor, deshalb weil die Ganglienzellen keine »psychisch isolirten Gebilde« sein könnten, auch für die Nervenfasern eine Betheiligung an der »psychischen Function« verlangt, so ist dagegen zu bemerken, dass physiologische Verbindungen überhaupt nicht erklärlich machen können, wie Vorgänge in räumlich getrennten Gebilden in einem Bewusstsein vereinigt werden. Entfernung ist ein relativer Begriff: zwei benachbarte Atome sind ebenso gut außer einander wie zwei beliebig getrennte Ganglienzellen. Man müsste also schon das Bewusstsein, um die Verbindung seiner Vorstellungen in dieser Weise zu erklären, auf ein Atom concentriren, welchem von allen Seiten die Nervenerregungen zufließen, d. h. man müsste zum Cartesianischen influxus physicus mit der dazu gehörigen punktförmigen Seele zurückkehren. Davon ist natürlich STRICKER selbst weit entfernt. Darum ist aber auch seinem Satz nur mit der Veränderung zuzustimmen, dass die Ganglienzellen keine physiologisch isolirten Gebilde sein können, und in dieser Fassung lässt derselbe die Frage, ob elementare psychische Vorgänge, z. B. einfache Empfindungen, bloß an die gangliösen Processe oder auch an die Nervenerregungen gebunden seien, vollkommen unentschieden.

Eine beim Menschen umfangreiche Region des Gehirns nämlich erscheint in Betreff der Symptome der Bewegung und Empfindung verhältnissmäßig indifferent gegen Verletzungen: es ist dies der ganze nach vorn von der vordern Grenze der motorischen Zone gelegene Abschnitt der Stirnlappen (Fig. 69 S. 165). Pathologische Beobachtungen bezeugen, dass Verletzungen dieser Gegend, die zuweilen selbst mit dem Verlust ansehnlicher Massen von Hirnsubstanz verbunden waren, ohne alle Störungen von Seiten der Bewegungs- und Sinnesorgane verliefen [1]). Ebenso bestimmt lauten aber in mehreren dieser Fälle die Angaben der Beobachter dahin, dass sich bleibende Störungen der geistigen Fähigkeiten und Eigenschaften eingestellt hatten. In einem berühmt gewordenen amerikanischen Fall z. B. war eine spitzige Eisenstange von 1 1/2 Zoll Durchmesser in Folge der Explosion einer Sprengladung unten am linken Unterkieferwinkel eingedrungen und hatte oben nahe dem vorderen Ende der Pfeilnaht wieder den Schädel verlassen. Der Kranke, der noch 12 1/2 Jahre lebte, zeigte keine Störungen der willkürlichen Bewegung und Sinnesempfindung, aber sein Charakter und seine Fähigkeiten waren völlig verändert. »Während er in seinen intellectuellen Aeußerungen ein Kind ist«, heißt es in dem Gutachten seines Arztes, »hat er die thierischen Leidenschaften eines Mannes« [2]). In andern Fällen werden bald die Abnahme des Gedächtnisses, bald die Unfähigkeit die Aufmerksamkeit zu fixiren, bald die gänzliche Willenlosigkeit als charakteristische Symptome hervorgehoben [3]). In Uebereinstimmung hiermit steht die Beobachtung, dass jene pathologischen Rückbildungen des Gehirns, welche die Herabsetzung der Intelligenz und des Willens im paralytischen Blödsinn begleiten, vorzugsweise die Stirnlappen treffen [4]); ebenso die Wahrnehmung, dass im allgemeinen in der Thierreihe die intellectuelle Entwicklung mit der Ausbildung des Vorderhirns gleichen Schritt hält [5]).

Aus diesen Thatsachen zu schließen, dass in der Stirnregion des Gehirns die »Intelligenz« ihren Sitz habe, würde gleichwohl ebenso verfehlt sein, als wenn man in die centromotorische Zone den Willen oder in die dritte Stirnwindung die Function der Sprache verlegte. Alle jene Beobachtungen beweisen nur, dass in der Stirnregion des Gehirns Elemente

1) Vgl. die von Charcot und Pitres, Revue mensuelle, Nov. 1877, Ferrier, Localisation der Hirnerkrankungen, S. 29, und de Boyer, Études cliniques, p. 40 und 54 gesammelten Fälle.

2) Vgl. das Referat bei Ferrier a. a. O. S. 33 f.

3) Vgl. de Boyer p. 45, observ. IV, p. 55, observ. XXVII.

4) Meynert, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie 1867, S. 166.

5) Auch beim Menschen sollen bei windungsreichen Gehirnen vorzugsweise die Stirnlappen durch reiche Furchung sich auszeichnen. (H. Wagner a. a. O.) Doch sind die Unterschiede, die Wagner z. B. zwischen dem Gehirn von Gauss und dem eines Handwerkers auffand, wenig erheblich.

gelegen sein müssen, die bei den physiologischen Vorgängen, welche die intellectuellen Functionen begleiten, unerlässliche Zwischenglieder abgeben. Unsere Muthmaßung über die functionelle Natur jener Elemente wird sich aber auch hier immer nur auf relativ elementare Vorgänge in ihnen beziehen können, und sie wird zunächst von ihren Verbindungen mit anderen centralen Elementen ausgehen müssen. In letzterer Hinsicht ist nun beachtenswerth, dass die Stirnregion unter allen Gebieten der Hirnrinde die umfangreichsten Verbindungen mit andern Theilen des Großhirns sowie mit dem kleinen Gehirn zu besitzen scheint, durch welche Verbindungen es ebensowohl mit motorischen, wie mit sensorischen Centralgebieten in directer Beziehung steht, ohne doch selbst zu den centromotorischen oder centrosensorischen Theilen der Rinde zu gehören. Die anatomischen Verhältnisse zusammengehalten mit der allgemeinen Natur der Ausfallserscheinungen, welche der Zerstörung dieses Hirntheils nachfolgen, dürften daher die Annahme nahelegen, dass dasselbe die Bedeutung eines höheren Centrums besitzt, dessen Leistungen mit der einheitlichen Lenkung der einzelnen Sinnes- und Bewegungsfunctionen zusammenhängen. Nun werden wir bei der psychologischen Analyse des Bewusstseins die Apperception als den Vorgang kennen lernen, welcher der Entwicklung der inneren und äußeren Willensthätigkeiten zu Grunde liegt, und als dessen einfachsten Effect wir das Klarwerden eines Eindrucks im Bewusstsein betrachten. Demgemäß dürfte die Hypothese gerechtfertigt sein, dass die Stirnregion der Großhirnrinde insofern die Bedeutung eines Apperceptionsorganes besitze, als die mit den Apperceptionsacten verbundenen physiologischen Vorgänge vorzugsweise an dieses Gebiet gebunden sind. Natürlich wird aber auch diese Function nicht als eine specifische der betreffenden Elementartheile anzusehen, sondern sie wird lediglich auf die eigenthümlichen Verbindungen derselben mit anderen centralen Elementen zurückzuführen sein [1].

Die Unhaltbarkeit der psychologischen und physiologischen Voraussetzungen, auf denen die von den Anhängern der strengen Localisationstheorie versuchte Interpretation der nach Hirnläsionen bei Thieren und Menschen beobachteten Erscheinungen beruht, verräth sich, wie ich glaube, in einer besonders charakteristischen Weise darin, dass man sich genöthigt sah, übereinstimmenden Elementen der Hirnrinde gleichzeitig höchst einfache und sehr verwickelte Functionen zuzuschreiben. So sollen z. B. nach Munk die nämlichen Hirnzellen, welche die Bilder des gelben Flecks der Retina unverändert im Großhirn auffangen, gleichzeitig Erinnerungsbilder für künftigen Gebrauch in sich sammeln. Auf der einen Seite soll sich also die Ganglienzelle functionell mit einem

[1] Vgl. hierzu die Erörterungen über die psychologische Natur der Perception und Apperception, Abschn. IV, Cap. XV.

Retinaelement vollständig decken, auf der andern Seite soll sie ein Reservoir für eine unverändert in ihr beharrende Vorstellung sein; dies alles auf Grund von Erscheinungen, die an sich einer mehrdeutigen Interpretation zugänglich sind, und bei deren physiologischer Erklärung man die secundären Störungen, die der Hinwegfall eines Functionscomplexes hervorbringt, ganz außer Betracht lässt. Ebenso ist die von Meynert und Munk aufgestellte Hypothese, dass die Rindencentren nur Empfindungsfähigkeit besitzen, undurchführbar: denn die aus derselben entwickelte Theorie der Entstehung der Willenshandlungen setzt einfach das zu Erklärende voraus. Bewegungen sollen, wie behauptet wird, ursprünglich nur durch Reflexe in den tieferen Hirncentren zu Stande kommen, und durch diese Bewegungen sollen in den Zellen der Rinde Muskelempfindungen entstehen. Indem aber die Rinde mittelst dieser Muskelempfindungen Zuschauer der in den subcorticalen Centren ablaufenden Reflexacte wird, soll sie secundär die nämlichen Bewegungen dann auch mit Bewusstsein auslösen können[1]. Es ist klar, dass diese personificirt gedachte Rinde zu allem dem nur fähig ist, wenn sie neben dem ihr ausdrücklich zugeschriebenen Bewusstsein auch noch das besitzt, was man eben erklären will, nämlich einen Willen und die Fähigkeit mittelst dieses Willens motorische Nerven zu innerviren.

Die thatsächlichen Einwände gegen die angeführten Hypothesen sind schon im vorangegangenen Capitel erörtert worden. Es mag daher an dieser Stelle nur noch näher ausgeführt werden, wie nach der oben im allgemeinen entwickelten Anschauung einer complexen und überall auf dem Zusammenwirken zahlreicher Elemente beruhenden Function der Rindencentren das Verhältniss derselben zu den subcorticalen Gebieten und den peripherischen Organen gedacht werden kann. Dass bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse diese Ausführung zum Theil hypothetisch ist, bedarf übrigens kaum der Bemerkung. Wir wollen als Hauptbeispiele den centralen Sehact, den Mechanismus der Apperception und die physiologischen Grundlagen der Sprachvorstellungen erörtern.

Die Theorie des centralen Sehactes kann sich zunächst auf drei ziemlich feststehende Thatsachen stützen: erstens auf die in den Vierhügeln stattfindende reflexartige Verbindung der Opticusfasern mit den Centren für die Augenbewegungen sowie mit den motorischen Apparaten der Accommodation und Adaptation, zweitens auf die Gebundenheit der Vollziehung geordneter Wahrnehmungen an bestimmte Regionen der Großhirnrinde, und drittens auf den wahrscheinlichen Einfluss des Kleinhirns auf die Regulation der durch Gesichtseindrücke angeregten Augen- und Körperbewegungen. In der Netzhaut, die nach ihrer Structur zwischen einem peripherischen Sinnesorgan und einem Centralorgan die Mitte hält, setzen sich die Aethervibrationen wahrscheinlich in photochemische Vorgänge um. Diese Vorgänge sind mindestens zur ersten Entstehung von Lichtempfindungen unerlässlich, da, wie die Beobachtung Blindgeborener lehrt, das Gehirn, ohne dass zuvor die Netzhaut in Function war, keine Lichtempfindungen vermitteln kann; doch können die einmal entstandenen Sehfunctionen nach der Entfernung des Sinnesorgans fortdauern, da noch der Erblindete mit atrophischen Sehnerven sich farbenreicher Träume

1) Meynert, Psychiatrie, S. 145. Uebrigens hält auch Meynert die Munk'sche Vermengung der Projection der macula lutea mit der Zone der Seelenblindheit für »unbegreiflich«; nur den über die Seelentaubheit gemachten Annahmen stimmt er zu.

erfreut. Hiernach werden wir annehmen dürfen, dass zur ersten Entstehung der Lichtempfindung der Zusammenhang der Netzhaut mit den centralen Apparaten erforderlich ist, dass aber die in den letzteren erzeugten Signale einigermaßen die Existenz der Netzhaut ersetzen können, wenn auch nur in beschränktem Grade, da bekanntlich Erinnerungsbilder blasser und vergänglicher sind als Empfindungen, die unmittelbar von äußeren Eindrücken kommen. In der grauen Substanz der Vierhügel gehen die Opticusfasern mit den motorischen Nervenfasern des Auges eine erste Verbindung ein. Während die Accommodationsnerven, die einerseits mit Sehnerven-, anderseits mit Augenmuskelnervenfasern (wie der Zusammenhang zwischen Accommodation und Convergenz lehrt) verknüpft sind, hier vielleicht schon ihre definitive Endigung finden, treten die Fortsetzungen der Seh- und Bewegungsnerven des Auges weiter nach oben: ein Theil mag direct durch die Hirnstiele in die Großhirnhemisphären übertreten, ein anderer den Umweg über das kleine Gehirn nehmen. Die Fortsetzungen der Opticusfasern, die nach unserer Hypothese direct in die Großhirnhemisphären ausstrahlen, werden hier wohl in den Nervenzellen der Occipitalrinde ihr definitives Ende finden und zugleich irgendwie mit den motorischen Endigungen in Zusammenhang treten. Außerdem verbinden centrale Fasern verschiedene am Sehact betheiligte Rindengebiete mit einander: so insbesondere das unten noch näher zu betrachtende Apperceptions- mit dem Sehcentrum. Endlich werden möglicherweise die untergeordneten Reflexcentren des Sehactes noch einmal selbständig in der Großhirnrinde vertreten sein, so dass Signale sowohl von den im peripherischen Sinnesorgan wie von den in den niedrigeren Sehcentren stattfindenden Vorgängen zum Großhirn gelangen. Diese Annahmen machen es begreiflich, dass zwar jeder Eingriff in eines der die Sehfunction vermittelnden Nervengebiete den Sehact stören muss, dass aber diese Störung doch im allgemeinen um so weniger intensiv ausfällt, je höhere Centralgebilde von dem Eingriff getroffen werden. Wird der Zusammenhang des Klein- oder Großhirns nur stellenweise getrennt, so wird die Erregung, wie im Rückenmark, andere Bahnen einschlagen, es werden andere Verknüpfungen zwischen den peripherischen Vorgängen und centralen Signalen sich bilden müssen; aber wenn erst die neuen Verbindungen eingeübt sind, so werden die Functionen, falls nur der Eingriff nicht zu umfangreich war, wieder ungestört von statten gehen. Anders müssen sich freilich die Erscheinungen gestalten, wenn größere Massen jener centralen Gebilde, in denen eine bestimmte Nervenbahn endigt, verloren gehen. Hier wird entweder Aufhebung oder äußerste Beschränkung der Function die Folge sein[1]).

Unsere Annahmen über das nach der oben ausgesprochenen Vermuthung in der Rinde des Stirnlappens localisirte Organ der Apperception werden, wenn wir ähnliche Gesichtspunkte auf dasselbe anwenden, hauptsächlich von zwei Thatsachen auszugehen haben: erstens von der Abhängigkeit jedes einzelnen Apperceptionsactes von theils unmittelbar, theils vor längerer Zeit stattgehabten sensorischen Erregungen; und zweitens von den Wirkungen, welche die Apperception hervorbringt, und welche physiologisch betrachtet wieder sensorischer und motorischer Art sind. Hiernach setzen wir voraus,

---

1) Diese Theorie des centralen Sehactes ist mit ganz geringen Aenderungen einer von mir schon im Jahre 1868 in der 2ten Aufl. meines Lehrbuchs der Physiologie (S. 672, 4te Aufl. S. 789) gegebenen Ausführung entnommen.

dass das Centralgebiet der Apperception mit einem doppelten System von Leitungsbahnen in Verbindung stehe, einem centripetalen (*ss'*, *hh'* Fig. 71), das ihm die Sinneserregungen aus den primären Sinnescentren zuleitet, und einem centrifugalen (*la*, *gf* u. s. w.), das umgekehrt untergeordneten Centren die von *AC* ausgehenden Impulse zuführt. Je nachdem solche Impulse an Sinnes- oder Muskelcentren übertragen werden, erfolgt entweder die Apperception von Empfindungen oder die Ausführung willkürlicher Bewegungen. In der Regel geschieht aber beides zugleich: wir appercipiren eine Vorstellung und vollziehen eine ihr entsprechende äußere Muskelbewegung. Auch wo die letztere unterbleibt, da gerathen darum meist einzelne Muskelgruppen in eine schwache Miterregung. Es ist augenfällig, dass die hier vorausgesetzte Uebertragung eine gewisse Analogie mit dem Reflexvorgang darbietet. Dennoch entfernt sich die Art, wie die Apperception nach den jeweils einwirkenden Sinneserregungen sich richtet, weit von dem Schema des Reflexmechanismus. Während wir nämlich bei diesem die Bewegung in zwingender Weise durch äußere Sinneseindrücke verursacht finden, lässt sich bei der Apperception und bei der Willensbewegung nur von einem regulirenden Einfluss der stattfindenden Erregungen reden, womit eben angedeutet wird, dass zahlreiche, unserer näheren Nachweisung entgehende Zwischenglieder auf das Endresultat den entscheidenden Einfluss ausüben. Die Natur dieser Zwischenglieder ist uns physiologisch vollkommen unbekannt. Wir können hier nur aus der psychologischen Erfahrung schließen, dass in Folge der generellen wie der individuellen Entwicklung in jedem Gehirn bestimmte Dispositionen entstehen, durch welche die den Acten der inneren Apperception und der äußeren Willenshandlung parallel gehenden Erregungsvorgänge bestimmt werden. Wenn man die Apperceptions- und Willensacte auf ein besonderes physiologisches Substrat bezieht, so kann dies also nur in dem Sinne geschehen, dass das betreffende Centralgebiet in Verbindungen mit den übrigen Centraltheilen gedacht wird, vermöge deren die in ihm ausgelösten Erregungen von jenen Dispositionen abhängen.

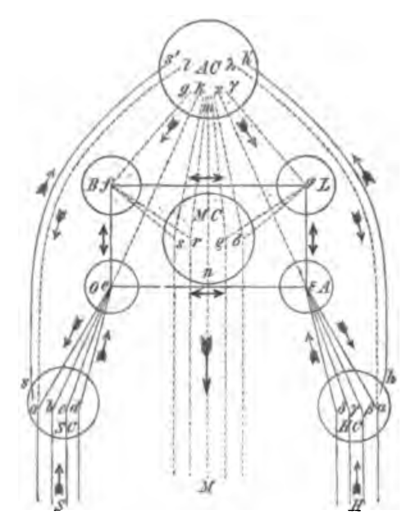


Fig. 71. Schema der Verbindungen des Apperceptionsorgans. *SC* Sehcentrum. *HC* Hörcentrum. *S* centrale Sehnervenfasern. *H* ebensolche Hörnervenfasern. *A* sensorisches, *L* motorisches Sprachcentrum. *O* sensorisches, *B* motorisches Schriftcentrum. *MC* motorisches Centrum. *M* motorische Centralfasern. *AC* Apperceptionscentrum. *ss'*, *hh'* centripetale Bahnen zu dem letzteren, *la*, *gf* u. s. w. centrifugale Verbindungen desselben.

Hiernach nehmen wir an, dass die von dem Apperceptionsorgan ausgehenden centrifugalen Leitungsbahnen zwei Richtungen, eine centrifugal-sensorische und eine centrifugal-motorische, einschlagen, und dass sie in beiden ebensowohl unmittelbar wie mittelbar, nämlich durch intermediäre Centren, welche für gewisse complexe Functionen Knotenpunkte der Leitung darstellen, mit den

Sinnescentren (*SC*, *HC*) und den motorischen Centren (*MC*) verbunden sind. Diese intermediäre Rolle werden wir z. B. innerhalb der centrifugal-sensorischen Bahn dem optischen und akustischen Wortcentrum (*O* und *A*), innerhalb der motorischen dem Centrum des Schreibens und der Wortarticulation (*B* und *L*) zuweisen müssen. Dabei betrachten wir jedoch die letztgenannten Centren nicht als selbständige Erzeuger der ihnen gewöhnlich zugeschriebenen Functionen, sondern in dem schon früher angedeuteten Sinne als nothwendige Zwischenglieder in dem Mechanismus der sprachlichen Apperceptionen. Die physiologische Bedeutung derselben wird man sich etwa veranschaulichen können, indem man sich denkt, dass, sobald verschiedene dem Gebiet der Sprache zugehörige Empfindungen in den eigentlichen Sinnescentren *SC*, *HC* entstehen, die entsprechenden Erregungen in den sensorischen Zwischencentren *O* und *A* zu einem einheitlichen Erregungsvorgang verbunden werden, worauf dann die appercipirende Erregung sowohl diesen wie die in den Centren *SC* und *HC* stattfindenden primären Erregungen verstärken kann. Den Vorgängen in *O* und *A* würde somit die Bedeutung von Signalen zugeschrieben werden können, insofern diese intermediären Centren der functionellen Zusammenfassung der associativ verbundenen Laut- und Schriftbilder entsprechen. Natürlich sind diese Signale wiederum nicht als Spuren anzusehen, die an gewissen Zellen unveränderlich festhaften, sondern als vergängliche Processe, so gut wie die Reizungsvorgänge in den peripherischen Sinnesorganen, welche aber, wie alle Vorgänge in der centralen Nervensubstanz, eine Disposition zu ihrer Wiedererneuerung zurücklassen. Eine ähnliche Function wird den motorischen Zwischencentren *B* und *L* beizulegen sein, in welchen entweder ein Apperceptionsact (auf den Wegen *gfrs*, γφρσ) Bewegungen erzeugt, die den von *SC* und *HC* (durch *ss'*, *hh'*) oder von *O* und *A* (durch *ek*, εχ) zugeleiteten Erregungen entsprechen, oder in denen eine unmittelbare Einwirkung der Schrift- und Wortsignale (auf den Wegen *ef*, εφ) ohne Betheiligung des Apperceptionsorgans, also unwillkürlich die entsprechenden motorischen Erregungen auslöst. Diese werden dann in allen Fällen (auf den Wegen *frs*, φρσ) den allgemeinen motorischen Centren *MC* zugeleitet, um von ihnen aus erst in die weitere Nervenleitung zu den Muskeln überzugehen[1]).

In dem hypothetischen Schema der Fig. 71, welches die hier geltend gemachten Anschauungen hauptsächlich in ihrer Anwendung auf die bei der Sprache wirksamen Centren versinnlichen soll, sind die nach *AC* führenden Bahnen sowie alle Verbindungsbahnen zwischen untergeordneten Centren durch ausgezogene, die centrifugal aus *AC* führenden Bahnen durch unterbrochene Linien dargestellt; außerdem ist die Richtung der Leitung durch Pfeile angedeutet. Nehmen wir nun an, es wirkten, zugeführt in dem Sehnerven S, eine Reihe von Eindrücken auf das Sehcentrum *SC*, so sind folgende Hauptfälle möglich: 1) Die Eindrücke werden nicht weiter geleitet: dann bleiben die Empfindungen im Zustande der bloßen Perception oder undeutlichen Wahrnehmung. 2) Einem einzelnen Eindruck *a*, welcher durch die auf den Wegen *ss' hh'* dem Appercep-

1) Wenn Charlton Bastian (Brain, Vol. XV, 1892, p. 16) in diesen Annahmen über das Apperceptionsorgan etwas vom Sinne der alten Phrenologie findet, so brauche ich dem aufmerksamen Leser wohl nicht erst zu sagen, dass sich die Kenntniss, die dieser ausgezeichnete Neurologe von den obigen Erörterungen gewonnen hat, schwerlich auf mehr als auf das Wort »Apperceptionsorgan« erstrecken kann.

tionsorgan zufließenden Erregungen begünstigt ist, kommt auf dem Wege *la* eine apperceptive Erregung entgegen: es findet Perception von *bcd* und Apperception von *a* statt. 3) Ein zusammengesetzter Eindruck *ad* wird durch die von *AC* ausgehende appercipirende Erregung gehoben: Apperception der zusammengesetzten Vorstellung *ad*. 4) Neben der unmittelbaren Apperception des complexen Eindruckes *ad* findet eine Leitung über *O* nach dem Centrum *A* statt, wo ein Signal ausgelöst wird, welches auf dem Wege $\varepsilon\alpha\delta$ in dem Hörcentrum *HC* die dem Gesichtsbild *ad* entsprechende Wortvorstellung $\alpha\delta$ hervorbringt. Gleichzeitig können auf Wegen $\varkappa\varepsilon$ und $\lambda\alpha$ Signal und Laut appercipirt werden. 5) Mit den unter voriger Nummer besprochenen Vorgängen verbindet sich: a) eine Leitung des Wortsignals von *A* über *L* nach *MC* (durch $\varepsilon\varphi$ und $\varphi\rho\sigma$): unwillkürliches Aussprechen des eine appercipirte Vorstellung bezeichnenden Wortes; b) eine Leitung von *AC* über *L* nach *MC* (durch $\gamma\varphi$ und $\varphi\rho\sigma$): absichtliches Aussprechen des betreffenden Wortes; c) eine Leitung von *HC* über *A* nach *O* und von hier aus wieder nach *SC* zu irgend welchen andern (in der Figur nicht dargestellten) Elementen *a'd'*: unwillkürliche Association der Wortvorstellung mit dem Schriftbild. 6) Ist der ursprüngliche Eindruck *ad* das Schriftbild eines Wortes, so kann folgendes stattfinden: a) ebenfalls wieder unmittelbare Apperception auf dem Wege *la*: Apperception eines unverstandenen Wortbildes; b) Leitung von *SC* nach *O* und Apperception auf den Wegen *la* und *ke*: Apperception eines Wortes von bekannter Bedeutung; c) Leitung von *SC* nach *O* und von *O* über *A* nach *HC* nebst vierfacher Apperception auf den Wegen *la*, *ke*, $\varkappa\varepsilon$ und $\lambda\alpha$: Apperception eines optischen und des zugehörigen akustischen Wortbildes (der gewöhnliche Vorgang beim Lesen); u. s. w. Wir können es unterlassen die übrigen Fälle, die sich von selbst aus dem Schema ergeben, aufzuzählen. Doch mag bemerkt werden, dass jede der Leitungscombinationen, die nach dem Schema möglich sind, auch in der psychologischen Erfahrung vorkommen kann. Findet z. B. Leitung von *SC* über *O* und *A* nach *HC* und bloß Apperception auf dem Wege $\lambda\alpha$ statt, so repräsentirt dies den Fall, der beim gedankenlosen Lesen verwirklicht ist: wir appercipiren unmittelbar die den Schriftbildern entsprechenden Worte, aber wir appercipiren dieselben bloß als Lautvorstellungen. Auch die verschiedenen Erscheinungen, die bei dem aphasischen Symptomencomplex vorkommen, lassen sich leicht veranschaulichen. Die Zerstörung des Centrums *L* oder der die Verbindungen desselben herstellenden Leitungen wird die gewöhnliche ataktische Aphasie hervorbringen, deren nähere Beschaffenheit sich wieder nach der speciellen Localisation der Störung richtet. Ist die Verbindung $\varphi\rho\sigma$ unterbrochen, so wird die Hervorbringung der Worte überhaupt unmöglich sein. Fehlt die Leitung $\gamma\varphi$, so ist zwar die willkürliche Wortbildung aufgehoben, aber unwillkürlich oder durch mechanisches Nachsprechen können noch Worte hervorgebracht werden: hierher werden z. B. auch diejenigen Fälle gehören, in denen bei sonst completer Aphasie die Interjectionen erhalten geblieben sind. Ist die Leitung *AL* unterbrochen, so wird umgekehrt der unwillkürliche Mechanismus der Sprache aufgehoben sein, durch Willensanstrengung werden aber noch Worte gebildet werden können. Aehnlich lassen sich, wie nicht weiter ausgeführt zu werden braucht, die correspondirenden Formen der ataktischen Agraphie aus den verschiedenen Unterbrechungen in den Verbindungen des Centrums *B* ableiten. Werden die Centren *A* und *O* in ihrer Function gestört, so werden dagegen die verschiedenen Formen sensorischer Sprachstörungen sowie der sogenannten

amnestischen Aphasie und Agraphie in die Erscheinung treten, durch Störungen in *A* die Worttaubheit, in *O* die Wortblindheit. Ist die Verbindung zwischen *HC* und *A*, zwischen *SC* und *O* unterbrochen, so können im ersten Fall die gehörten, im zweiten Fall die geschriebenen Worte nicht mehr verstanden werden. Möglicherweise kann dabei noch, falls die Verbindung *es* persistirt, eine Umsetzung der geschriebenen Worte in Laute oder dieser in Schriftbilder stattfinden. In solchen Fällen wird z. B., wenn das Centrum *A* oder die Leitung *HCA* betroffen ist, der Kranke vorgesprochene Worte nicht oder (bei unvollständiger Unterbrechung) nur mühsam verstehen, während er ohne Schwierigkeit laut zu lesen im Stande ist[1]). Wo die Function der Centren *A* und *O* bloß gehemmt ist oder einzelne der zugehörigen Leitungen bloß erschwert sind, da werden nun jene Erscheinungen hervortreten, die als Gedächtnissschwäche entweder für Wort- und Schriftbilder überhaupt oder für bestimmte Wortkategorien erscheinen. Hierbei kommt die Schwäche der physiologischen Erregung, welche die Erinnerungsbilder begleitet, wesentlich in Betracht. Dadurch wird es geschehen können, dass diese Erregung in einem bestimmten Gebiet, dessen Function gehemmt ist, stets unterhalb der Reizschwelle liegt, während eine Leitung für äußere Sinneserregungen noch möglich ist. Denken wir uns z. B. einen derartigen Zustand im Functionsgebiet des Centrums *A*, so werden gehörte Worte aufgefasst und verstanden, auch wohl unmittelbar nachdem sie gehört sind reproducirt, wogegen eine Erneuerung weiter zurückliegender Erinnerungsbilder von Worten nicht mehr möglich ist. Gerade solche Fälle sind es aber offenbar, in denen die allgemeinen Gesetze der Uebung ihre Anwendung finden. Am leichtesten schwinden die selteneren Bestandtheile des Wortschatzes; am sichersten haften gewisse früh eingeprägte Wortbilder. Auch Fälle von erneuter Einübung nach fast völligem Schwund der Spracherinnerung verzeichnet die pathologische Beobachtung. Ebenso fällt unter den nämlichen Gesichtspunkt das Vergessen bestimmter Wortclassen. Abgesehen von dem Festhaften der Interjectionen, für welches wir oben schon eine physiologische Erklärung gegeben, können wir die hierher gehörigen Erscheinungen unter die Regel bringen, dass diejenigen Worte am leichtesten dem Gedächtnisse entschwinden, die im Bewusstsein stets mit concreten sinnlichen Vorstellungen verbunden sind. Am häufigsten werden darum die Eigennamen vergessen, insofern wir von den Trägern derselben ein deutliches Bild im Gedächtniss besitzen, hinter welchem leicht das begleitende Wort in den Hintergrund des Bewusstseins zurücktritt. Nach ihnen kommen die concreten Gegenstandsbegriffe, da Objecte wie Stuhl, Tisch, Haus u. dergl. in der Regel in deutlichen Gesichtsbildern von uns vorgestellt werden. Dagegen haften die Worte für abstractere Begriffe, wie Tugend, Gerechtigkeit u. s. w., fester in unserm Gedächtnisse, weil hier das bezeichnende Wort, eventuell begleitet von dem entsprechenden Schriftbild, allein den Begriff im Bewusstsein vertreten muss. Aehnlich erklärt sich das festere Haften der Verba und Partikeln. Schon das Verbum hat, insofern es meist eine Thätigkeit bezeichnet, die von verschiedenen Subjecten ausgehen und unter verschiedenen Bedingungen stattfinden kann, einen allgemeineren Charakter als das Substantivum. In diesem Sinne ist schneiden abstracter als Messer, leuchten als Licht, gehen als Weg, und es führen so jene befremdlichen Fälle, wo ein Patient genöthigt ist alle Substantiva

1) Vgl. einen derartigen Fall bei Kussmaul, Störungen der Sprache, S. 172.

verbal zu umschreiben, die Schere als das, womit man schneidet, das Fenster als das, wodurch man sieht [1]), auf die nämliche allgemeine Regel zurück. Diese letztere ist aber offenbar nur ein Specialfall des psychologischen Gesetzes, nach welchem die Apperceptionsthätigkeit in einem gegebenen Moment in der Regel einer Vorstellung vorzugsweise sich zuwendet und diese Vorstellung um so intensiver erfasst, je weniger sie gleichzeitig auf andere Vorstellungen abgelenkt ist [2]). Dem entsprechend werden sich auch die begleitenden physiologischen Erregungen verhalten. Bei der Vorstellung eines bekannten Menschen wird die appercipirende Erregung vorzugsweise den Weg *la* (Fig. 71) einschlagen, und die Erregungen auf den Wegen $\varkappa\varepsilon$ und $\lambda\alpha$ (der Klang seines Namens) werden nur schwach jene vorherrschende Apperception begleiten; bei der Vorstellung eines abstracten Begriffs dagegen werden vorzugsweise diese letzteren Erregungen vorhanden sein. Hiervon ist nun aber nothwendig die Einübung der Centren abhängig, an welche die Reproduction gebunden ist. Entsteht daher im Gebiet der Sprachcentren eine Störung, durch die alle schwächeren Erregungen gehemmt werden, so kann es eintreten, dass jene Signale, für welche das Centrum *A* weniger eingeübt ist, unter der Schwelle bleiben, während die besser eingeübten noch appercipirt werden und daher die zugehörigen Sinneserregungen in *HC* zur Apperception gelangen lassen, so dass deutliche Wortvorstellungen sich ausbilden.

7. Allgemeine Gesetze der centralen Functionen.

Suchen wir uns schließlich die leitenden Principien zu vergegenwärtigen, zu denen die obige Zergliederung der centralen Functionen geführt hat, so lassen sich dieselben in die folgenden fünf allgemeinen Sätze zusammenfassen:

1) Das Princip der Verbindung der Elementartheile: Jedes Nervenelement ist mit andern Nervenelementen verbunden und wird erst in dieser Verbindung zu physiologischen Functionen befähigt. Insbesondere sind alle unserer Beobachtung zugänglichen centralen Functionen Vorgänge von complexer Beschaffenheit, die an zahlreiche centrale Elemente und in der Regel sogar an das Zusammenwirken von Centren verschiedener Ordnung gebunden sind.

2) Das Princip der Indifferenz der Function: Kein Element vollbringt specifische Leistungen, sondern die Form seiner Function ist von seinen Verbindungen und Beziehungen abhängig.

3) Das Princip der stellvertretenden Function: Für Elemente, deren Function gehemmt oder aufgehoben ist, können andere die Stellvertretung übernehmen, sofern sich dieselben in den geeigneten Verbindungen befinden.

---

1) Kussmaul a. a. O. S. 153.
2) Vgl. Abschnitt IV, Cap. XV.

4) Das Princip der localisirten Function: Jeder bestimmten Function entspricht unter gegebenen Bedingungen der Leitung eine bestimmte Region im Centralorgan oder, sofern die Function eine zusammengesetzte ist, ein bestimmter Complex von Regionen, von denen sie ausgeht, d. h. deren Elemente in den zur Ausführung der Function geeigneten Verbindungen stehen.

5) Das Princip der Uebung: Jedes Element wird um so geeigneter zu einer bestimmten Function, je häufiger es durch äußere Bedingungen zu derselben veranlasst worden ist.

Der dritte dieser Sätze hängt mit dem zweiten unmittelbar zusammen, da die Stellvertretung offenbar erst möglich wird durch die Indifferenz der Function. Der vierte wird durch den dritten insofern limitirt, als eine Function, sobald Stellvertretungen stattfinden, auch nicht mehr an denselben Ort gebunden bleibt. Diese Beschränkung ist dadurch angedeutet, dass eine bestimmte Localisation nur unter gegebenen Bedingungen der Leitung vorausgesetzt wird. In der That sind überall, wo eine Stellvertretung stattfindet, Einflüsse wirksam, durch welche die Bedingungen der Leitung verändert werden. Das fünfte Princip endlich ist sowohl bei der Localisation der Functionen wie in allen Fällen von Stellvertretung wirksam, und insbesondere erklärt dasselbe die Thatsache, dass die Stellvertretung stets nur allmählich eintritt.

Im weitesten Umfange kommen die angegebenen Principien bei den Großhirnhemisphären zur Geltung, indem hier die vielseitigsten Verbindungen und also auch Vertretungen stattfinden; doch sind sie in ihrer allgemeinen Fassung für alle Centralorgane gültig, da insbesondere zahlreiche Erscheinungen, die wir schon bei der Untersuchung der Leitungsgesetze und der Functionen des Rückenmarks kennen lernten, auf sie hinweisen.

Die Ansichten über die physiologische Function der Centraltheile gingen ursprünglich von der anatomischen Zergliederung aus. Man suchte nach einer Bedeutung der einzelnen Hirntheile, und da die Beobachtung hierfür keine Anhaltspunkte bot, so half die Phantasie aus. Die Seelenvermögen, Perception, Gedächtniss, Einbildungskraft u. s. w., wurden willkürlich und von den verschiedenen Autoren natürlich in sehr verschiedener Weise localisirt[1]). Es ist hauptsächlich HALLER's Verdienst, einer naturgemäßeren Auffassung, welche sich an die physiologische Beobachtung anschloss, die Bahn gebrochen zu haben, eine Reform, die mit seiner Irritabilitätslehre nahe zusammenhängt. Die wesentliche Bedeutung der letzteren bestand darin, dass sie die Fähigkeiten der Empfindung und Bewegung auf verschiedenartige Gewebe, jene auf die Nerven,

1) Vgl. die Aufzählung bei HALLER, Elementa physiologiae. Lausanne 1762, IV, p. 397.

diese auf die Muskeln und andere contractile Elemente zurückführte [1]. Als die Quelle dieser Fähigkeiten betrachtete HALLER das Gehirn. Mit der Seele und den psychischen Functionen stehe dieses nur insofern in Beziehung, als es das sensorium commune oder der Ort sei, wo alle Sinnesthätigkeiten ausgeübt werden, und von dem alle Muskelbewegungen entspringen. Dieses sensorium erstrecke sich über die ganze Markmasse des großen und kleinen Gehirns [2]. Es sei zwar zweifellos, dass jeder Nerv von einem bestimmten Centraltheil seine physiologischen Eigenschaften empfange, dass also, wie auch die pathologische Beobachtung bezeuge, das Sehen, Hören, Schmecken u. s. w. irgendwo im Gehirn seinen Sitz habe, doch scheint es ihm nach den Ursprungsverhältnissen der Nerven, dass dieser Sitz nicht bestimmt begrenzt, sondern im allgemeinen über einen größeren Theil des Gehirns ausgedehnt sei [3]. Den Commissurenfasern schreibt HALLER die Bedeutung zu, dass sie die stellvertretende Function gesunder für kranke Theile vermitteln, und die Unerregbarkeit des Hirnmarks leitet er davon ab, dass die Nervenfasern in dem Maße ihre Empfindlichkeit verlieren, als sie im Hirnmark in zahlreiche Zweige sich spalten [4].

Der so gewonnene Standpunkt blieb der Physiologie unverloren. Aber die Bestrebungen nach einer physiologischen Localisirung der Geistesvermögen kehrten trotzdem fortwährend wieder, und wie früher gingen sie in der Regel von den Anatomen aus. Zu einem wirklichen System von dauerndem Einflusse wurde diese Lehre durch GALL erhoben, dessen Verdienste um die Erforschung des Gehirnbaues unbestreitbar sind [5]. Die durch GALL begründete Phrenologie [6] legt die Vorstellung zu Grunde, dass das Gehirn aus inneren Organen bestehe, welche den äußeren Sinnesorganen analog seien. Wie diese die Auffassung der Außenwelt, so sollten jene gleichsam die Auffassung des inneren Menschen vermitteln. Die einzelnen im Gehirn localisirten Fähigkeiten werden daher auch geradezu innere Sinne genannt. GALL hat derselben 27 unterschieden [7], bei deren Bezeichnung er übrigens nach Bedürfniss die Ausdrücke Sinn, Instinct, Talent und sogar Gedächtniss gebraucht. So unterscheidet er Ortssinn, Sprachsinn, Farbensinn, Instinct der Fortpflanzung, der Selbstvertheidigung, poetisches Talent, esprit caustique, métaphysique, Sachgedächtniss, Wortgedächtniss u. s. w. Die gewöhnlich angenommenen Seelenvermögen, Verstand, Vernunft, Wille u. s. w., haben unter den phrenologischen Begriffen keine Stelle. Diese Grundkräfte der Seele sind nach GALL's Ansicht nicht localisirt, sondern sie sind gleichmäßig bei der Function aller Gehirnorgane, ja selbst der äußeren Sinnes-

---

1) Siehe die historische Kritik der Irritabilitätslehre in meiner Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858, S. 155.

2) Elem. physiol. IV, p. 395.

3) Ebend. p. 397.

4) »Hypothesin esse video et fateor« fügt er vorsichtig hinzu. (Ebend. p. 399.)

5) GALL et SPURZHEIM, Anatomie et physiologie du système nerveux, Vol. I. Paris 1810. Vgl. ferner: Untersuchungen über die Anatomie des Nervensystems, von denselben. Dem französ. Institut überreichtes Mémoire nebst dem Bericht der Commissäre. Paris und Straßburg 1809. Die beiden Hauptverdienste GALL's um die Gehirnanatomie bestehen darin, dass er die Zergliederung des Gehirns von unten nach oben einführte, und dass er die durchgängige Faserung des Hirnmarkes nachwies.

6) Das GALL'sche System ist ausführlich dargestellt in Bd. II—IV des oben citirten Werkes.

7) SPURZHEIM hat sie auf 35 vermehrt. Vgl. COMBE, System der Phrenologie, deutsch von HIRSCHFELD. Braunschweig 1833, S. 101 f.

organe wirksam. Jedes dieser Organe ist nach ihm eine »individuelle Intelligenz«[1]). Für die Analogie der Gehirnorgane mit den Sinnesorganen entnimmt GALL ein Argument aus seinen anatomischen Untersuchungen. Wie jeder Sinnesnerv ein Bündel von Nervenfasern, so sei das ganze Gehirn eine Vereinigung von Nervenbündeln[2]).

Bei der empirischen Begründung dieser Lehren wurde von GALL und seinen Nachfolgern dem Gehirn der Schädel substituirt; über die Ausbildung der einzelnen Organe sollte die Schädelform Auskunft geben. Daher das Bestreben, jene möglichst an die Oberfläche des Gehirns zu verlegen. Schon hierin tritt eine Tendenz, die Beobachtungen vorgefassten Meinungen anzubequemen, zu Tage, welche sich in allen Einzeluntersuchungen wiederholt und die angeblichen Resultate derselben völlig werthlos macht. Aber hiervon abgesehen bildeten die wahrhaft ungeheuerlichen psychologischen und physiologischen Grundvorstellungen der phrenologischen Lehren einen bedenklichen Rückschritt gegenüber dem weit geklärteren Standpunkt, den HALLER eingenommen. Während dieser das richtige Princip bereits ahnt, dass in den Centralorganen die peripherischen Organe des Körpers in irgend einer Weise vertreten und mit einander verbunden sein müssen, machen die Phrenologen das Gehirn zu einem für sich bestehenden Complex von Organen, für welche sie specifische Energien der verwickeltsten Art voraussetzen. Alle Fehler der psychologischen Vermögenstheorie verschwinden gegen diese gedankenlose Aufzählung der complicirtesten Fähigkeiten, deren jede einer einzelnen Nervenfaser oder einem bestimmten Faserbündel zugeschrieben wird[3]).

Von jetzt ab gingen auf lange Zeit die anatomische und die physiologische Untersuchung gesonderte Wege. Die deutschen Anatomen kehrten im allgemeinen zu den Vorstellungen HALLER's zurück, waren aber gleichzeitig beeinflusst von der SCHELLING'schen Naturphilosophie: so namentlich CARUS[4]) und der um die Morphologie des Gehirns hochverdiente BURDACH[5]). Die Physiologie der Centraltheile wurde um dieselbe Zeit von den französischen Experimentatoren, besonders von MAGENDIE und FLOURENS, neu begründet. In den Vorstellungen, welche diese Forscher über die Bedeutung der Centralorgane entwickelten, lässt sich eine Reaction gegen die phrenologischen Ansichten nicht verkennen. Bei MAGENDIE machte sich dieselbe zunächst darin geltend, dass er seine Erklärungen strenge den beobachteten Thatsachen anpasste[6]). FLOURENS verband mit derselben Treue der Beobachtung klarere physiologische Begriffe. Seine Untersuchungen erstreckten sich hauptsächlich auf das verlängerte Mark, die Vierhügel, das kleine und große Gehirn. Das erstere bestimmte er als das Centrum der

---

1) Vol. IV, p. 341.

2) Vol. I, p. 271. Vol. II, p. 372.

3) Eine Kritik der phrenologischen Lehren vom vergleichend anatomischen Standpunkte aus lieferte LEURET (Anatomie comparée du système nerveux, tome I); eine solche auf Grund physiologischer Versuche FLOURENS (Examen de la phrénologie. Paris 1842).

4) C. G. CARUS, Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns. Leipzig 1814. Später hat sich dieser Autor einer gemäßigtern phrenologischen Anschauung zugewandt und dieselbe in mehreren Werken vertreten. (Grundzüge einer neuen Cranioskopie. Stuttgart 1841. Neuer Atlas der Cranioskopie, 2. Aufl. Leipzig 1864. Symbolik der menschl. Gestalt, 2. Aufl., S. 121.)

5) BURDACH, Vom Bau und Leben des Gehirns, III. Leipzig. 1826.

6) MAGENDIE, Leçons sur les fonctions du système nerveux. Paris 1839.

Herz- und Athembewegungen, die Vierhügel als Centralorgane für den Gesichtssinn, das Cerebellum als den Coordinator der willkürlichen Bewegungen, die Großhirnlappen als den Sitz der Intelligenz und des Willens [1]. Aber diese Theile verhielten sich, wie er fand, zu den von ihnen abhängigen Functionen verschieden. Die centralen Eigenschaften des verlängerten Marks sieht er auf einen kleinen Raum, seinen noeud vital, beschränkt, dessen Zerstörung augenblicklich das Leben vernichte. Die höheren Centraltheile dagegen treten mit ihrer ganzen Masse gleichmäßig für die ihnen zugewiesene Function ein. Dies schließt er daraus, dass die Störungen, die durch theilweise Abtragung der Großhirnlappen, des Kleinhirns oder der Vierhügel verursacht werden, im Laufe der Zeit sich ausgleichen. Der kleinste Theil dieser Organe soll demnach für das Ganze functioniren können. Hierdurch trat die Lehre FLOURENS' in scharfen Gegensatz zu den phrenologischen Vorstellungen, zugleich aber entsprach sie ziemlich getreu der Beobachtung. So kam es, dass sie bis in die neueste Zeit in der Physiologie die herrschende Anschauung blieb. Aber augenscheinlich kehren hier in psychologischer Beziehung ähnliche Schwierigkeiten wieder, wie sie sich der Organenlehre der Phrenologen entgegensetzten. Intelligenz und Wille sind complexe Fähigkeiten. Dass dieselben in jedem kleinsten Theil der Großhirnlappen ihren Sitz haben sollen, ist im Grunde ebenso schwer begreiflich, als dass Sprachgedächtniss, Ortssinn u. s. w. irgendwo localisirt seien. Zudem bleibt es dunkel, welche Bedeutung den einzelnen Theilen, die die anatomische Zergliederung der Hirnhemisphären unterscheiden lässt, zukommen soll, wenn diese sich in functioneller Beziehung etwa ebenso gleichartig verhalten wie die Leber. Ohne Zweifel hierdurch veranlasst, kehrten die Anatomen, wo sie sich auf Speculationen über die Bedeutung der Gehirntheile einließen, meistens zu der Vorstellung einer Localisation der geistigen Fähigkeiten zurück [2]. So kam es denn auch, dass die durch FLOURENS in die Wissenschaft eingeführten Ansichten hauptsächlich in Folge einer innigeren Verbindung der anatomischen und der physiologischen Beobachtung allmählich wankend wurden. Von entscheidendem Gewichte waren hierbei einerseits die Untersuchungen über die Elementarstructur der Centralorgane, anderseits die aus physiologischen und pathologischen Beobachtungen gewonnenen Aufschlüsse über die Localisation gewisser Sinnesfunctionen und motorischer Wirkungen. Bahnbrechend in letzteren Beziehungen wurde namentlich die Entdeckung der anatomischen Grundlagen der Aphasie. Gleichwohl blieb zwischen diesen Resultaten und den Ergebnissen der theilweisen Abtragung der Hemisphären nach dem Vorgange von FLOURENS ein gewisser Widerspruch bestehen, da als das bleibende Symptom nach letzterer Operation nicht die Beseitigung einzelner Functionen, sondern die Abschwächung aller sich darstellte, so dass noch in neuester Zeit GOLTZ [3] die Anschauung von FLOURENS in etwas modificirter Gestalt zu erneuern suchte. Auf die relative Berechtigung dieses Versuchs gegenüber den einseitigen Localisationshypothesen wurde oben hingewiesen, zugleich aber gezeigt, dass die Durchführung desselben nothwendig zu einer umfassenderen Anwendung des von

---

1) FLOURENS, Recherches expér. sur les fonctions du système nerveux. 2me édit. Paris 1842.

2) Vgl. z. B. ARNOLD, Physiologie, I, S. 836. HUSCHKE, Schädel, Hirn und Seele, S. 174.

3) Vgl. namentlich dessen Erörterungen in PFLÜGER'S Archiv XX, S. 10 ff.

Goltz bekämpften Princips der Stellvertretung führt, wobei dieses mit der gewöhnlich vorausgesetzten specifischen Energie der nervösen Elemente nicht mehr bestehen kann. In der That ist der oben skizzirte Standpunkt in der neuesten Gehirnphysiologie mehr und mehr zur Geltung gelangt. Nicht nur stimmen in dieser Beziehung die Ansichten von Hitzig, Christiani, Luciani und neuestens auch von Ferrier, mit einigen Modificationen überein, sondern es hat auch Goltz in seinen letzten Arbeiten der Localisationshypothese so wesentliche Zugeständnisse gemacht, dass sich die Differenz zwischen ihm und seinen früheren Gegnern aus einer qualitativen in eine bloß quantitative umgewandelt hat, abgesehen von Munk, der noch immer nicht bloß an dem Princip der streng umschriebenen Localisation, sondern auch an dem der Aequivalenz gewisser Rindencentren mit peripherischen Sinnesflächen festhält.

Sechstes Capitel.

Physiologische Mechanik der Nervensubstanz.

1. Allgemeine Aufgaben und Grundsätze einer Mechanik der Innervation.

Die Betrachtung der physiologischen Leistungen des Nervensystems hat uns zu dem Satze geführt, dass dieselben, von den complicirtesten Verrichtungen der Centralorgane an bis herab zur Empfindung und Muskelzuckung, auf einfachste Vorgänge zurückweisen, aus welchen erst vermöge der vielfachen Verbindung der Elementartheile die physiologischen Effecte hervorgehen. So erhebt sich denn schließlich die Frage, wie jene bis jetzt unbekannten elementaren Functionen, die in ihrem Zusammenwirken so mannigfache und verwickelte Leistungen herbeiführen, beschaffen sind.

Die in der einzelnen Nervenfaser und Ganglienzelle wirksamen Vorgänge hat man auf zwei Wegen zu erkennen gesucht, von welchen wir den einen als den der inneren, den andern als den der äußeren Molecularmechanik des Nervensystems bezeichnen können. Die erstere geht von der Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Nervenelemente aus, sie sucht die Veränderungen zu ermitteln, welche diese Eigenschaften in Folge der physiologischen Function erfahren, um auf solche Weise unmittelbar den inneren Kräften auf die Spur zu kommen, die bei den Vorgängen in den Nerven und Nervencentren wirksam sind.

So verlockend es aber auch scheinen mag, diesen Weg zu verfolgen, da derselbe das eigentliche Wesen der Nervenfunctionen unmittelbar zu enthüllen verspricht, so ist derselbe doch gegenwärtig noch allzu weit von seinem Ziele entfernt, als dass wir es wagen könnten, uns ihm anzuvertrauen. Die Untersuchung der Centraltheile ist noch wenig in Angriff genommen, und unser Wissen über die inneren Vorgänge in den peripherischen Nerven beschränkt sich im wesentlichen darauf, dass die Function derselben von elektrischen und chemischen Veränderungen begleitet wird, deren Bedeutung noch dunkel ist. So steht uns denn nur der zweite Weg offen, derjenige der äußeren Molecularmechanik. Sie lässt die Frage nach der speciellen Natur der Nervenkräfte völlig bei Seite, indem sie lediglich von dem Satze ausgeht, dass die Vorgänge in den Elementartheilen des Nervensystems Bewegungsvorgänge irgend welcher Art sind, deren Zusammenhang unter sich und mit den äußeren Naturkräften durch die für alle Bewegung gültigen Principien der Mechanik bestimmt wird. Sie stellt sich also auf einen ähnlichen Standpunkt wie die allgemeine Theorie der Wärme in der heutigen Physik, wo man sich ebenfalls mit dem Satze begnügt, dass die Wärme eine Art der Bewegung sei, hieraus aber mit Hülfe der mechanischen Gesetze alle Erscheinungen in befriedigender Vollständigkeit ableitet. Damit der Molecularmechanik des Nervensystems das ähnliche gelinge, muss sie die Erscheinungen, welche die Basis ihrer Betrachtungen bilden, zunächst auf ihre einfachste Form bringen, indem sie die physiologische Function der nervösen Elemente erstens unter den einfachsten Bedingungen, die möglich sind, und zweitens unter solchen, die im Experiment willkürlich beherrscht werden können, untersucht. Nun hat uns die Zergliederung der complexen physiologischen Leistungen bereits auf den Begriff des Reizes geführt. Als die allgemeinen Ursachen der nervösen Vorgänge haben wir theils innere Reize, gewisse rasch sich vollziehende Veränderungen in der Beschaffenheit des Blutes und der Gewebsflüssigkeiten, theils äußere Reize, Eindrücke auf die Endigungen der Sinnesnerven, kennen gelernt. Wo es sich aber um die Aufgabe handelt, Reize von gegebener Stärke und Dauer auf die Nervenelemente wirken zu lassen, da können in der Regel die natürlichen inneren und äußeren Reize, weil sie sich unserer experimentellen Beherrschung fast ganz entziehen, nicht zur Anwendung kommen. Wir benutzen also künstliche Reize, am häufigsten elektrische Ströme und Stromstöße, welche sich ebensowohl durch die Leichtigkeit, mit der sie das Moleculargleichgewicht der Nervenelemente erschüttern, wie durch die große Genauigkeit, mit der sich ihre Einwirkungsweise bestimmen lässt, besonders empfehlen. Die Vorgänge in den Nervenfasern zergliedern wir, indem wir den der Untersuchung zugänglichen peripherischen Erfolg der Nervenreizung,

die Muskelzuckung nach Reizung des Bewegungsnerven, zum Maß der innern Vorgänge nehmen. Zur Erforschung der Veränderungen in den Ganglienzellen benutzen wir den einfachsten einer äußeren Messung zugänglichen Vorgang, den die Reizung eines centralwärts verlaufenden Nervenfadens im Centralorgane auslöst, die Reflexzuckung. In beiden Fällen kann die Untersuchung dadurch vervollständigt werden, dass man auch andere einfache Effecte der Reizung vergleichend prüft, um auf diese Weise die besonderen Bedingungen auszuschließen, welche die specielle Verbindungsweise der gereizten Nervenfaser mit sich führt. So wird neben der Muskelzuckung die Empfindung nach Reizung eines sensibeln Nerven untersucht; neben der Reflexzuckung werden andere Fälle, in denen die Reizung Ganglienzellen durchwandern muss, ehe sie einen Bewegungseffect auslöst, herbeigezogen, wohin namentlich die Einflüsse gehören, welche peripherische Ganglien, z. B. diejenigen des Herzens, auf die ihnen zugeleiteten Vorgänge motorischer Innervation ausüben.

Was wir Reizung oder Erregung nennen, ist nur der unbekannte Bewegungsvorgang, welcher in den Nervenelementen durch Reize hervorgerufen wird. Die Aufgabe einer physiologischen Mechanik der Nervensubstanz ist es, die empirisch festgestellten Gesetze der Reizung auf die allgemeinen Gesetze der Mechanik zurückzuführen. Zu diesem Zweck müssen wir vor allem an denjenigen Hauptsatz der Mechanik erinnern, welcher den Zusammenhang aller Bewegungsvorgänge beherrscht: es ist dies der Satz von der Erhaltung der Arbeit.

Unter Arbeit versteht man jede Wirkung, welche die Lage ponderabler Massen im Raume ändert. Die Größe einer Arbeit wird daher mittelst der Lageänderung gemessen, die ein Gewicht von bestimmter Größe durch dieselbe erfahren kann. Durch Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus können schwere Körper ihren Ort verändern. Nun sind aber jene sogenannten Naturkräfte nur Formen molecularer Bewegung. Die verschiedenen Arten von Molecularbewegung können also Arbeit vollbringen. Die Wärme des Dampfes z. B. besteht in großentheils geradlinigen, vielfach sich störenden Bewegungen der Dampftheilchen. Sobald der Dampf Arbeit vollbringt, indem er etwa den Kolben einer Maschine bewegt, verschwindet ein entsprechendes Quantum jener Bewegungen. Man drückt sich hier häufig so aus: es sei eine gewisse Menge Wärme in eine äquivalente Menge mechanischer Arbeit übergegangen. Genauer gesprochen ist aber ein Theil der unregelmäßigen Bewegungen der Dampftheilchen verbraucht worden, um eine größere ponderable Masse in Bewegung zu setzen. Es ist also nur die eine Form der Bewegung in eine andere übergegangen, und die entstandene Arbeit, gemessen durch das

Product des bewegten Gewichtes in die zurückgelegte Wegstrecke, ist genau gleich einer Summe kleiner Arbeitsgrößen, welche durch die Producte der Gewichte einer Anzahl Dampftheilchen in die von ihnen zurückgelegten Weglängen gemessen werden könnten, und welche verschwunden sind, während die äußere Arbeit vollbracht wurde. Wenn wir bei der Reibung, Zusammendrückung der Körper mechanische Arbeit verschwinden und dafür Wärme auftreten sehen, so wird hierbei umgekehrt mechanische Arbeit in eine ihr entsprechende Menge von Moleculararbeit umgewandelt. Nicht in allen Fällen, wo Wärme latent wird, entsteht übrigens mechanische Arbeit im gewöhnlichen Sinne. Sehr häufig wird die Wärme nur dazu verwandt, um die Theilchen der erwärmten Körper selbst in neue Lagen überzuführen. Bekanntlich dehnen alle Körper, am meisten die Gase, weniger die Flüssigkeiten und festen Körper, unter dem Einfluss der Wärme sich aus. Auch in diesem Fall verschwindet Moleculararbeit. Aehnlich wie die letztere im Beispiel der Dampfmaschine benutzt wird, um den Kolben zu bewegen, so wird sie hier zur Distanzänderung der Molecüle verbraucht. Die so geleistete Arbeit hat man als Disgregationsarbeit bezeichnet. Auch sie wird wieder in Moleculararbeit verwandelt, wenn die Theilchen in ihre früheren Lagen zurückkehren. Allgemein also kann Moleculararbeit entweder in mechanische Leistung oder in Disgregationsarbeit, und können hinwiederum diese beiden in Moleculararbeit übergehen. Die Summe dieser drei Formen von Arbeit aber bleibt unverändert. Dies ist das Princip, welches man den Satz von der Erhaltung der Arbeit oder der Energie nennt.

Aehnlich wie auf die Wärme, die verbreitetste und allgemeinste Form der Bewegung, findet dieser Satz auf andere Arten der Bewegung seine Anwendung. Dabei wird nur das eine Glied in der Kette der drei in einander übergehenden Bewegungen, die Beschaffenheit der Moleculararbeit, geändert. So kann z. B. durch Elektricität ebenso wie durch Wärme Disgregationsarbeit und mechanische Arbeit hervorgebracht werden. Es gibt also verschiedene Arten von Moleculararbeit, es gibt aber im Grunde nur eine Disgregationsarbeit und nur eine Form der mechanischen Arbeit. Disgregation nennen wir stets die bleibenden Distanzänderungen der Molecüle, aus welcher Ursache dieselben auch eintreten mögen. Wenn wir die bloße Volumzunahme der Körper von der Aenderung des Aggregatzustandes und diese wieder von der chemischen Zersetzung, der Dissociation, unterscheiden, so handelt es sich dabei eigentlich nur um Grade der Disgregation. Ebenso besteht die mechanische Arbeit überall in der Ortsveränderung ponderabler Massen. Die verschiedenen Formen von Molecularbewegung können aber unter Umständen auch in einander

transformirt werden. So kann z. B. ein gewisses Quantum elektrischer Arbeit gleichzeitig in Wärme, Disgregation und mechanische Arbeit übergehen.

Unter den Formen der Arbeit, die wir unterscheiden, benutzt man die mechanische Arbeit als gemeinsames Maß für alle andern, weil sie am unmittelbarsten durch Messungen bestimmt werden kann. Auf die übrigen Formen wird dieses Maß mit Hülfe des Satzes von der Erhaltung der Arbeit angewandt, nach welchem ein gegebenes Quantum Molecular- oder Disgregationsarbeit der mechanischen Arbeit, in die sie übergeht, oder aus der sie entsteht, äquivalent sein muss. Bei der mechanischen Arbeit kann ein Gewicht bald der Schwere entgegen gehoben, bald durch seine eigene Schwere bewegt, bald unter Ueberwindung von Reibung gefördert werden u. s. w. Bei der Reibung geht der zur Ueberwindung derselben erforderliche Theil der mechanischen Arbeit in Wärme über. Wird dagegen ein Gewicht gehoben, so nimmt man an, dass die zur Hebung aufgewandte Arbeit in ihm angehäuft werde, da es dieselbe nachher durch das Herabfallen von der nämlichen Höhe wieder an andere Körper übertragen kann. Die Disgregation verhält sich in dieser Beziehung ähnlich wie das gehobene Gewicht: zu ihrer Erzeugung wird eine gewisse Menge Moleculararbeit, meistens in der Gestalt von Wärme, verbraucht, die wieder entstehen muss, sobald die Disgregation aufgehoben wird. Nun bleibt ein gehobenes Gewicht so lange im gehobenen Zustande, als durch irgend eine andere Arbeit, z. B. durch die Wärmebewegung ausgedehnten Dampfes, durch die Oscillationen der Molecüle eines Seils, an welchem man das Gewicht aufgehängt hat, seiner Schwere das Gleichgewicht gehalten wird. Ebenso bleibt die Disgregation der Molecüle eines Körpers so lange bestehen, als durch irgend eine innere Arbeit, z. B. durch Wärmeschwingungen, ihre Wiedervereinigung gehindert wird. Zwischen dem Momente, in welchem die Hebung des Gewichtes oder die Disgregation der Molecüle vor sich ging, und demjenigen, wo durch den Fall des Gewichts oder die Vereinigung der Molecüle die dort erforderliche Arbeit wieder erzeugt wird, kann also während einer kürzeren oder längeren Zeit ein stationärer Zustand bestehen, in welchem gerade so viel innere Arbeit fortwährend verrichtet wird, als zur Erhaltung des Gleichgewichts nothwendig ist, so dass in dem vorhandenen Zustand, in der Lage der Körper und Molecüle, in der Temperatur, der elektrischen Vertheilung, sich nichts ändert. Erst in dem Moment, wo durch eine Störung dieses Gleichgewichtszustandes das Gewicht fällt oder die Molecüle sich nähern, treten auch wieder Transformationen der Arbeit ein: die mechanische oder Disgregationsarbeit wird zunächst in Moleculararbeit, in der Regel in Wärme, umgewandelt, und diese kann theilweise abermals in mechanische Leistung oder in Disgregation der Molecüle übergehen, so lange, bis durch irgend

welche Umstände ein stationärer Zustand wieder eintritt. Insofern nun in einem gehobenen Gewicht oder in disgregirten Molecülen eine gewisse Summe von Arbeit disponibel ist, lässt sich jedes gehobene Gewicht und jede Disgregation auch als vorräthige Arbeit betrachten. Der Arbeitsvorrath ist aber natürlich genau so groß, als diejenige Arbeit war, welche die Hebung oder Disgregation bewirkt hat, und als diejenige Arbeit sein wird, welche beim Fallen oder bei der Aggregation wieder zum Vorschein kommen kann. Der Satz von der Erhaltung der Arbeit lässt sich daher auch so ausdrücken: die Summe der wirklichen Arbeit und des Arbeitsvorrathes bleibt unverändert. Es ist übrigens klar, dass dies nur ein besonderer Ausdruck ist für den Satz von der Erhaltung der Summe aller Arbeit, weil man unter Arbeitsvorrath nur eine durch wirkliche Arbeit herbeigeführte Gewichtshebung oder Disgregation versteht, welche durch einen stationären Bewegungszustand erhalten bleibt. Wäre es uns möglich, die kleinsten oscillirenden Bewegungen der Atome ebenso wie die Bewegungen der Körper und ihre bleibenden Molecularänderungen zu beobachten, so würden wir ohne Zweifel den Satz strenge richtig finden, dass alle wirkliche Arbeit constant sei. Wo sich aber fortwährend die Massetheilchen durchschnittlich um die nämlichen Gleichgewichtslagen bewegen, da scheint uns die Materie ruhend. Wir nennen daher diejenige Arbeit, die in 'einem stationären Zustande gleichsam im verborgenen gethan wird, vorräthige Arbeit. Statt dessen können wir sie auch als innere Moleculararbeit bezeichnen und davon jene Arbeit der Molecüle, welche entsteht, wenn der Gleichgewichtszustand der Temperatur, der elektrischen Vertheilung u. s. w. sich äußert, als äußere Moleculararbeit unterscheiden.

Fortwährend wechseln stationäre Zustände mit Veränderungen. Die Natur bietet daher ein unaufhörliches Schauspiel des Uebergangs vorräthiger in wirkliche, wirklicher in vorräthige Arbeit. Wir wollen hier, als unsern Zwecken nächstliegend, nur auf die Beispiele hinweisen, welche die Disgregation und ihre Umkehr in dieser Beziehung darbieten. Die verschiedenen Aggregatzustände beruhen, wie man annimmt, auf verschiedenen Bewegungszuständen der Molecüle. In den Gasen fliehen sich diese und bewegen sich daher so lange geradlinig weiter, bis sie auf eine Wand oder auf andere Molecüle treffen, an denen sie zurückprallen. In den Flüssigkeiten oscilliren wahrscheinlich die Molecüle um bewegliche, in den festen Körpern um feste Gleichgewichtslagen. Um nun z. B. eine Flüssigkeit in Gas umzuwandeln, muss die Arbeit der Molecüle vergrößert werden. Dies geschieht, indem man ihnen Wärme zuführt. So lange nur die Moleculararbeit der Flüssigkeit wächst, nimmt einfach die Temperatur derselben zu. Gestattet man aber gleichzeitig der Flüssigkeit, sich auszudehnen, so

geht außerdem ein Theil der Moleculararbeit in Disgregation über. Lässt man endlich durch steigende Wärmezufuhr die Disgregation so weit gehen, dass die Flüssigkeitstheilchen aus den Sphären ihrer gegenseitigen Anziehung gerathen, so entsteht, indem die Flüssigkeit in Gas oder Dampf übergeht, plötzlich ein neuer Gleichgewichtszustand, zu dessen Herstellung eine große Menge von Moleculararbeit, d. h. Wärme verbraucht wird. Entzieht man dem Dampf wieder Wärme, vermindert man also dessen innere Arbeit, so wird umgekehrt ein Punkt erreicht, wo die mittleren Entfernungen der Molecüle so klein werden, dass sie wieder in die Sphäre ihrer wechselseitigen Anziehung kommen; bei dem Eintritt dieses ursprünglichen Gleichgewichtszustandes muss in Folge der wirksam werdenden Anziehungskräfte Moleculararbeit entstehen, d. h. Wärme frei werden, und zwar ist die im letzteren Fall entstehende Wärmemenge ebenso groß wie diejenige, welche im ersten Fall verschwunden war.

Im wesentlichen ähnlich verhält es sich mit der Lösung und Schließung chemischer Verbindungen. In jedem Körper kann man neben dem physikalischen einen chemischen Gleichgewichtszustand unterscheiden. Jedes Molecül im physikalischen Sinne besteht nämlich aus einer Mehrheit von chemischen Molecülen oder, wie man die nicht weiter zerlegbaren chemischen Molecüle auch nennt, von Atomen. Wie nun die Molecüle je nach dem Aggregatzustand des betreffenden Körpers in verschiedenen Bewegungszuständen sich befinden können, so die Atome je nach der Beschaffenheit der chemischen Verbindung. Die neuere Chemie betrachtet alle Körper als Verbindungen; in chemisch einfachen Körpern sieht sie Verbindungen gleichartiger Atome. Das Wasserstoffgas ist hiernach ebenso gut eine chemische Verbindung wie die Salzsäure: in jenem sind je zwei Atome Wasserstoff mit einander (*H. H*), in dieser ist je ein Atom Wasserstoff mit einem Chlor verbunden (*H. Cl*). Aber auch hier gilt die scheinbare Ruhe der Materie nur als ein stationärer Bewegungszustand. Die chemischen Atome einer Verbindung oscilliren, wie man annimmt, um mehr oder weniger feste Gleichgewichtslagen. Auf die Art dieser Bewegung ist zugleich der physikalische Aggregatzustand von wesentlichem Einflusse. In Gasen und Flüssigkeiten nämlich nehmen in der Regel auch die chemischen Atome einen freieren Bewegungszustand an, indem hier und da solche aus ihren Verbindungen losgerissen werden, um sich dann alsbald wieder mit andern ebenfalls frei gewordenen Atomen zu verbinden. In der gasförmigen oder flüssigen Salzsäure z. B. ist zwar die durchschnittliche Zusammensetzung aller chemischen Molecüle = *H Cl*, dies hindert aber nicht, dass fortwährend einzelne Atome *H* und *Cl* sich vorübergehend in freiem Zustande befinden, aus dem sie stets sogleich wieder durch chemische Anziehungen in den gebundenen Zustand zurückkehren. Auf diese Weise

erklärt sich befriedigend die leichtere Zersetzbarkeit, welche Gase und Flüssigkeiten der Wärme, Elektricität und andern chemischen Verbindungen gegenüber darbieten[1]. In der Aggregation der chemischen Molecüle finden sich nun analoge Unterschiede, wie sie den physikalischen Aggregatzuständen zu Grunde liegen. Es gibt losere und festere chemische Verbindungen. Dort sind die Anziehungen, vermöge deren die Theilchen um gewisse Gleichgewichtslagen schwingen, schwächer, hier sind sie stärker. Diese Unterschiede der chemischen Aggregation sind natürlich von der physikalischen ganz unabhängig, da die physikalischen Molecüle immer schon chemische Aggregate sind: es können daher sehr feste Verbindungen im gasförmigen und sehr lose im festen Aggregatzustande vorkommen. Im allgemeinen gehören die Verbindungen gleichartiger Atome, also die chemisch einfachen Körper, zu den loseren Verbindungen, indem die meisten, einige Metalle abgerechnet, ziemlich leicht getrennt werden, um sich mit ungleichartigen Atomen zu verbinden. Anderseits verhalten sich wieder ähnlich die sehr zusammengesetzten Verbindungen, die leicht in einfachere zerfallen. Hierher gehören die meisten sogenannten organischen Körper. Feste chemische Verbindungen sind sonach vorzugsweise unter den einfacheren Verbindungen ungleichartiger Atome zu finden. So z. B. sind Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, viele Metalloxyde und unorganische Säuren schwer zerlegbar. Wie nun die verschiedenen Aggregatzustände in einander umgewandelt werden können, so können auch losere Verbindungen in festere übergehen und umgekehrt. Es gibt keine noch so feste Verbindung, welche nicht, wie St. Claire Deville nachgewiesen hat, durch Zufuhr bedeutender Wärmemengen Dissociation erfahren könnte. Wie bei der Umwandlung einer Flüssigkeit in Gas, so verschwindet auch hier eine gewisse Menge innerer Arbeit der Wärme, um in Dissociationsarbeit überzugehen. Ist die Dissociation geschehen, so befinden sich nun die Atome in einem neuen Gleichgewichtszustande. Bei der Dissociation von Wasser sind statt der festen Verbindung $H_2\,O$ die loseren $H.\,H$ und $O.\,O$ entstanden, in denen die Schwingungszustände der Atome in ähnlicher Weise sich von denjenigen der festen Verbindung $H_2\,O$ unterscheiden werden wie etwa die Schwingungszustände der Molecüle des Wasserdampfs und des Wassers: d. h. die Atome jener losen Verbindungen werden im ganzen weitere Bahnen beschreiben und deshalb mehr innere Moleculararbeit verrichten. Um ihnen diese zuzuführen ist Wärme erforderlich. Die so zur Dissociation aufgewandte Arbeit ist aber zugleich als vorräthige Arbeit vorhanden, weil, sobald der neue Gleichgewichts-

[1] Clausius, Abhandlungen zur mechanischen Wärmetheorie, II, S. 214. Braunschweig 1867.

zustand der getrennten Molecüle gestört wird, sie sich verbinden können, wobei die Dissociationsarbeit wieder als Wärme zum Vorschein kommt. Zugleich sind dann die chemischen Molecüle in ihren früheren Gleichgewichtszustand übergegangen, in welchem die stationäre Arbeit, die sie bei den Bewegungen um ihre Gleichgewichtslagen verrichten, um den Betrag der beim Act der Verbindung freigewordenen inneren Arbeit vermindert ist. So gleichen demnach die bei der Verbindung und Dissociation auftretenden Erscheinungen vollkommen denjenigen, welche beim Wechsel der Aggregatzustände beobachtet werden, mit dem einzigen Unterschied, dass zur Dissociation im allgemeinen viel bedeutendere Arbeitsmengen erforderlich sind, als zur Disgregation, und dass daher auch der Austausch zwischen vorräthiger und wirklicher Arbeit dort höhere Werthe erreicht.

Die lebenden Wesen nehmen durch die Regelmäßigkeit, mit der chemische Processe vor sich gehen, an dem fortwährenden Wechsel vorräthiger und wirklicher, innerer und äußerer Arbeit einen bemerkenswerthen Antheil. In den Pflanzen vollzieht sich eine Dissociation fester Verbindungen. Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, die Salpetersäure und Schwefelsäure der Nitrate und Sulfate werden von ihnen aufgenommen und in losere Verbindungen, wie Holzfaser, Stärke, Zucker, Eiweißstoffe u. s. w. zerlegt, in denen sich eine große Menge vorräthiger Arbeit anhäuft, während gleichzeitig Sauerstoff ausgeschieden wird. In den Thieren werden jene von der Pflanze erzeugten Verbindungen unter Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs, also durch einen Verbrennungsprocess, wieder in die festeren Verbindungen umgewandelt, aus denen die Pflanze dieselben geschaffen hatte, während gleichzeitig die in den organischen Verbindungen angehäufte vorräthige Arbeit in wirkliche Arbeit, theils in Wärme theils in äußere Arbeit der Muskeln, übergeht. Die Stätte, von welcher aus alle diese Vorgänge der Thiere beherrscht werden, ist das Nervensystem. Es hält jene Functionen im Gang, welche die Verbrennungen bewirken, es regulirt die Vertheilung und Ausstrahlung der Wärme, es bestimmt die Thätigkeit der Muskeln. Vielfach, und namentlich in dem letzteren Fall, stehen zwar die von dem Nervensystem ausgehenden Wirkungen selbst unter dem Einflusse äußerer Bewegungen, nämlich der Sinneseindrücke. Aber die eigentliche Quelle seiner Leistungen liegt nicht in diesen, sondern in den chemischen Verbindungen, aus denen sich die Nervenmasse zusammensetzt, und die in wenig veränderter Form der Werkstätte der Pflanze entnommen sind. In ihnen ist die vorräthige Arbeit angehäuft, die sich unter dem Einfluss äußerer Reize in wirkliche umsetzt.

Die Verbindungen, aus denen die Nervenmasse besteht, befinden sich, so lange nicht Reizungsvorgänge verändernd einwirken, annähernd in

jenem stationären Zustande, der nach außen als vollkommene Ruhe erscheint. Diese Ruhe ist aber nur eine scheinbare, wie in allen Fällen, wo es sich um stationäre Zustände handelt. Die Atome jener complexen Verbindungen sind in fortwährenden Bewegungen: da und dort gerathen sie aus den Wirkungssphären der Atome, mit denen sie bisher verbunden waren, hinaus und in die Wirkungssphären anderer, gleichfalls frei gewordener Atome hinein. Fortwährend wechseln also in einer solchen leicht zersetzbaren Flüssigkeit, wie sie die Nervenmasse bildet, Schließung und Lösung chemischer Verbindungen, und die Masse erscheint nur deshalb stationär, weil sich durchschnittlich ebenso viele Zersetzungen als Verbindungen vollziehen. Im vorliegenden Beispiele ist dies aber nicht einmal strenge richtig: der Zustand der Nervenelemente ist auch während ihrer Ruhe kein vollkommen constanter. Bei so complexen Verbindungen ereignet es sich nämlich stets, dass die aus ihren bisherigen Wirkungssphären losgerissenen Atome theilweise nicht in dieselben oder ähnliche Verbindungen wieder eintreten, aus denen sie ausgeschieden waren, sondern dass einige unter ihnen sich zu einfacheren und festeren Verbindungen vereinigen. Man bezeichnet diesen Vorgang als Selbstzersetzung. Im lebenden Organismus werden die von der Selbstzersetzung herrührenden Störungen des Gleichgewichts ausgeglichen, da die Zersetzungsproducte entfernt und neue Materialien für den Ersatz der Gewebsbestandtheile zugeführt werden. Wir können deshalb die ruhende Nervensubstanz als eine Flüssigkeit in stationärem Bewegungszustande ansehen. In einer solchen Flüssigkeit wird keine Arbeit nach außen frei, sondern die von den einzelnen Atomen erzeugten Arbeitswerthe vernichten sich immer gegenseitig wieder. Diese Vernichtung geschieht zu einem großen Theil schon innerhalb der complexen chemischen Molecüle. Indem nämlich die Atome jedes Molecüls um ihre Gleichgewichtslagen oscilliren, verrichtet jedes eine gewisse Arbeit, die aber durch die Gegenwirkung anderer Atome wieder compensirt und so außerhalb des Molecüls gar nicht merkbar wird. Diese innere Moleculararbeit ist es, die bei einer losen chemischen Verbindung wegen der ausgibigeren Bewegungen ihrer Atome viel bedeutender ist als bei einer festen. Sie ist es daher, welche vorräthige Arbeit repräsentirt, insofern bei einer Störung des seitherigen Gleichgewichtszustandes die losere in eine festere Verbindung übergehen kann, wo dann der in der ersteren enthaltene Mehrbetrag innerer zu äußerer Moleculararbeit wird. Theilweise findet aber die Herstellung des Gleichgewichts erst außerhalb der chemischen Molecüle statt. Indem nämlich fortwährend Atome aus loseren in festere Verbindungen eintreten, muss Arbeit entstehen; indem anderseits Atome aus festeren in losere Verbindungen übergeführt werden, muss hinwiederum Arbeit verschwinden, und

zwar ist es in beiden Fällen äußere Moleculararbeit, also im allgemeinen Wärme, welche erzeugt und wieder verbraucht wird. Nennen wir die beim Entstehen der festeren Verbindung zum Vorschein kommende Arbeit positive Moleculararbeit, so lässt sich die bei der Eingehung der loseren Verbindung verschwindende als negative bezeichnen. Die Bedingung für das wirkliche Gleichgewicht einer zersetzbaren Flüssigkeit wie die Nervenmasse ist also die, dass die innere Moleculararbeit oder der Arbeitsvorrath unverändert bleibt, dadurch dass die Mengen positiver und negativer äußerer Moleculararbeit fortwährend sich ausgleichen, oder wie wir es auch ausdrücken können: die innere Moleculararbeit muss constant bleiben, indem alles, was von derselben in äußere Moleculararbeit übergeht, wieder durch Rückverwandlung in innere Moleculararbeit ersetzt wird. Welche Veränderungen treten nun in diesem stationären Zustande des Nerven ein, wenn sich der Vorgang der Reizung entwickelt?

2. Verlauf der Reizungsvorgänge in der Nervenfaser.

Die einfachste Erscheinung, welche über die Natur der Reizungsvorgänge im Nerven Aufschluss zu geben vermag, ist der Eintritt und Verlauf der Muskelzuckung nach Reizung der Bewegungsnerven. Die Fig. 72 zeigt einen solchen Verlauf, wie er vom Wadenmuskel eines Frosches mittelst einer an ihm befestigten Hebelvorrichtung unmittelbar auf eine rasch bewegte berußte Glasplatte, die an einem schweren Pendel befestigt war, aufgezeichnet wurde[1]. Der verticale Strich zur Linken bezeichnet den Moment der Reizung des Nerven. Die so erhaltene Curve, deren Abscissenlinie wegen der Pendelbewegung ein Stück einer Kreislinie ist, lehrt, dass der Beginn der Zuckung merklich später eintritt als die Reizung, und dass dann die Contraction anfangs mit beschleunigter, später mit abnehmender Geschwindigkeit ansteigt, worauf in ähnlicher Weise allmählich die Wiederverlängerung erfolgt. War der Reiz momentan, so ist die ganze Zuckung meist in 0,08—0,1 Sec. vollendet; davon kommt, falls der Nerv unmittelbar über dem Muskel oder seine Ausbreitung im

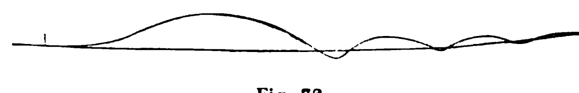


Fig. 72.

[1]) Alle in diesem Capitel mitgetheilten Zuckungscurven sind unmittelbar nach den vom Froschmuskel auf berußtes Papier gezeichneten Curven mittelst Durchpausen in Holzschnitt hergestellt.

Muskel selbst gereizt wurde, etwa 0,01 Sec. auf die zwischen dem Reiz und der beginnenden Zuckung verfließende Zeit, welche man das Stadium der latenten Reizung zu nennen pflegt. Diese Erfahrung macht es wahrscheinlich, dass der Bewegungsvorgang im Nerven ein ziemlich langsamer ist. Aber da hierbei zunächst unbestimmt bleibt, wie viel von dieser Langsamkeit der Vorgänge auf die Trägheit der Muskelsubstanz zu beziehen sei, so ist das gewonnene Ergebniss nicht von entscheidendem Werthe.

Näher tritt man der Bewegung im Nerven selbst, wenn dieser an zwei verschiedenen Stellen seiner Länge gereizt wird, einmal entfernt von dem Muskel, das zweite Mal demselben möglichst nahe, und wenn der Versuch so eingerichtet ist, dass der Zeitpunkt der Reizung jedes Mal dem nämlichen Punkt jener Abscissenlinie entspricht, auf welcher sich die Zuckungscurve erhebt. Besitzt der Reiz in beiden Fällen die gleiche Intensität, und bleibt der Nerv in möglichst unverändertem Zustande, so zeigen beide Curven einen doppelten Unterschied. Erstens fängt, wie HELMHOLTZ entdeckte, die dem entfernteren Reiz entsprechende Zuckungscurve später an, das Stadium ihrer latenten Reizung ist größer, und zweitens ist, wie zuerst PFLÜGER fand, die weiter oben ausgelöste Zuckung die stärkere, sie ist höher und, wie ich hinzufügen muss, von längerer Dauer. Will man also zwei gleich hohe Zuckungen hervorbringen, so muss für die vom Muskel entferntere Nervenstelle ein etwas schwächerer Reiz gewählt werden; auch dann pflegt übrigens noch die entsprechende Zuckung eine etwas längere Zeit zu beanspruchen, vorausgesetzt dass man die Untersuchung am lebenden Thier vornimmt. Die beiden Zuckungen unterscheiden sich also nun so wie es die Fig. 73 zeigt: die kleine Strecke zwischen dem Anfang der Zuckungen entspricht offenbar der Zeit, welche die Erregung braucht, um sich von der oberen zur unteren Reizungsstelle fortzupflanzen; die höher oben ausgelöste Zuckung erreicht aber, obgleich sie in diesem Fall schon durch einen schwächeren Reiz erregt wurde, noch später die Abscissenlinie, als ihrem verspäteten Eintritt entspricht. So ergibt sich denn aus diesen Versuchen erstens, dass der Bewegungsvorgang der Reizung ein äußerst langsamer ist, — er berechnet sich für den Froschnerven bei gewöhnlicher Sommertemperatur durchschnittlich zu 26, für den Nerven des Warmblüters bei der normalen Eigenwärme desselben zu 32 Meter in der Secunde, — und zweitens, dass bei demselben wahrscheinlich keine einfache Uebertragung und



Fig. 73.

Fortpflanzung der äußern Reizbewegung stattfindet, sondern dass in dem Nerven selbst von einem Punkte zum andern Bewegungsvorgänge ausgelöst werden. Auf letzteres scheint namentlich die ganz constante und am augenfälligsten an den undurchschnittenen Nerven lebender Thiere zu beobachtende Verlängerung der Zuckungen mit zunehmender Entfernung vom Muskel hinzuweisen[1]).

Auch diese Resultate gestatten aber noch keinen Einblick in die eigentliche Mechanik der Reizungserscheinungen. Um einen solchen zu gewinnen, müssen wir uns über den Zustand des Nerven in jedem Moment der auf die Reizung folgenden Zeit Aufschluss verschaffen. Dies ist nur möglich, indem man in jedem Moment der Reizungsperiode das Verhalten des Nerven gegen einen andern, prüfenden Reiz von constanter Größe untersucht. Auch hier ist natürlich, ebenso wie bei der einfachen Muskelzuckung, die Trägheit der Muskelsubstanz von mitbestimmendem Einflusse; aber derselbe wird, ähnlich wie bei den Versuchen über die Fortpflanzung der Reizung, dadurch eliminirt, dass in solchen Fällen, wo die vom Muskel herrührenden Einflüsse constant bleiben, die beobachteten Veränderungen nur von veränderten Bedingungen der Reizung im Nerven herrühren können.

Bei jedem Reizungsvorgange machen sich nun in der Nervenfaser zwei einander entgegengesetzte Wirkungen geltend: solche, die auf die Erzeugung äußerer Arbeit (Muskelzuckung, Secretion, Reizung von Ganglienzellen) gerichtet sind, und andere, welche die frei werdende Arbeit wieder zu binden streben. Die ersteren wollen wir die erregenden, die andern die hemmenden Wirkungen nennen. Der ganze Verlauf der Reizung ist von den in jedem Zeitmoment wechselnden Wirkungen der Erregung und Hemmung abhängig. Um durch den Prüfungsreiz nachzuweisen, welcher dieser Vorgänge, ob Erregung, ob Hemmung, im Uebergewicht sei, kann man entweder Reizungsvorgänge untersuchen, welche hinreichend schwach sind, dass sie an und für sich keine Muskelzuckung

---

1) Vgl. meine Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren Abth. I, Erlangen 1871, S. 177. Die von PFLÜGER (Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus, S. 140) beobachtete Zunahme der Zuckungshöhe mit der Entfernung vom Muskel ist von vielen Physiologen nach dem Vorgange von HEIDENHAIN (Studien des physiol. Instituts zu Breslau, I, S. 1) auf die Wirkung des Querschnitts oder bei Erhaltung des Zusammenhangs mit dem Rückenmark auf das ungleichmäßige Absterben des Nerven zurückgeführt, und demnach für den lebenden Nerven eine gleiche Erregbarkeit aller Punkte seiner Länge angenommen worden. Ich habe jedoch, ebenso wie nachher TIEGEL (PFLÜGER's Archiv XIII, S. 598), die größere Erregbarkeit der von dem Muskel entfernteren Strecken auch beim lebenden Thier, bei welchem der Blutlauf erhalten war, constatirt, und insbesondere fand ich, dass die von mir beobachtete Verlängerung der Zuckung mit Vergrößerung der Nervenstrecke vorzugsweise deutlich am lebenden Nerven zu finden ist, weshalb sie früheren Beobachtern, die nur an ausgeschnittenen Froschschenkeln experimentirten, entging.

auslösen, oder es muss, so lange die Muskelcontraction abläuft, der Einfluss der letzteren eliminirt werden. Dies geschieht, indem man in solchen Fällen, wo es sich um den Nachweis gesteigerter Reizbarkeit handelt, den Muskel überlastet, d. h. mit einem so bedeutenden Gewichte beschwert. dass sowohl die ursprüngliche wie die durch den Prüfungsreiz für sich ausgelöste Zuckung unterdrückt wird oder höchstens noch eine minimale Zuckung möglich ist. Löst dann der Prüfungsreiz während des Ablaufs der ersten Reizung trotzdem eine überminimale Zuckung aus, so deutet dies auf eine Zunahme der erregenden Wirkungen, und für die Größe der letzteren gibt die Höhe der Zuckung ein ungefähres Maß ab. Die Fig. 74 gibt ein Beispiel dieses Verfahrens. Der Reizungsvorgang, um dessen Untersuchung es sich handelt, ist durch die Schließung eines constanten Stromes in aufsteigender Richtung (wobei also die positive Elektrode dem Muskel näher, die negative von ihm ferner war) hervorgerufen worden. Diese Schließung erfolgt im Zeitmomente *a*. Der nicht überlastete Muskel hat in Folge der Reizung die Zuckung *a'* gezeichnet. Durch

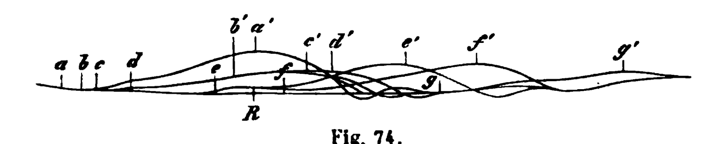


Fig. 74.

die nun ausgeführte Ueberlastung wurde dieselbe auf die minimale Höhe *R* herabgedrückt. Als Prüfungsreiz, der den Zustand des Nerven in verschiedenen Momenten des Reizungsvorganges feststellen sollte, wurde ein Oeffnungsinductionsschlag gewählt, der eine kurze Strecke unterhalb der vom constanten Strom gereizten Nervenstrecke einwirkte. Die Zuckung, welche derselbe, so lange der Reizungsvorgang durch den constanten Strom nicht eingeleitet wurde, am überlasteten Muskel bewirkte, war ebenfalls eine minimale. Nun wurde eine Reihe von Versuchen ausgeführt, bei deren jedem, während der Muskel überlastet war, zunächst im Moment *a* der Nerv durch Schließung des constanten Stromes gereizt und dann in einem bestimmten Moment die Auslösung des Prüfungsreizes bewerkstelligt wurde. Fiel der letztere mit der Schließung des constanten Stromes zusammen (*a*), so wurde die minimale Zuckungshöhe nicht geändert. Trat er später ein, so entsprachen den Reizmomenten *b*, *c*, *d* u. s. w. successiv die Zuckungen *b'*, *c'*, *d'*, *e'*, *f'*, *g'*. Der Verlauf dieser Zuckungscurven zeigt deutlich, dass in dem gereizten Nerven eine Zustandsänderung eintritt, welche sich als gesteigerte Reizbarkeit verräth. Diese beginnt kurz nach der Reizung *a*, erreicht ein Maximum, welches ungefähr mit dem Höhepunkt der Zuckungen *a'* und *R* zusammenfällt (*e*, *e'*), und nimmt endlich

allmählich wiederum ab, doch dauert sie, wie die letzte Prüfung $g\,g'$ zeigt, erheblich länger an als die primäre Zuckung a' [1]).

Wo nicht, wie in dem hier gewählten Beispiel, die erregenden, sondern die hemmenden Wirkungen überwiegen, da ist natürlich der Kunstgriff der Ueberlastung nicht anwendbar, es kann dann aber aus der Größe des vom Prüfungsreize während des Ablaufs der Zuckung hervorgebrachten Effectes leicht auf hemmende Wirkungen geschlossen werden. So lässt sich auf das Uebergewicht der Hemmungen mit Sicherheit dann schließen, wenn der Prüfungsreiz gar keinen Effect hervorbringt. Ein derartiges Beispiel zeigt die Fig. 75 [2]). Der untersuchte Reizungsvorgang wurde hier wieder durch die Schließung eines aufsteigenden constanten Stromes hervorgebracht, und der Prüfungsreiz war, wie vorhin, ein unter der durch-

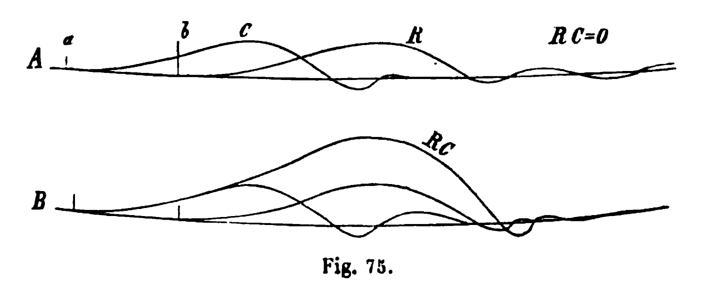


Fig. 75.

flossenen Strecke einwirkender Oeffnungsinductionsschlag. In den zwei nach einander ausgeführten Versuchen *A* und *B* wurde jedesmal im Moment *a* der Strom geschlossen und im Moment *b* wirkte der Prüfungsreiz ein. Zuerst wurde in jedem Versuch die Wirkung des Stromes ohne den Prüfungsreiz und dann die Wirkung des letzteren ohne die vorausgegangene Stromesschließung untersucht: so wurden die Zuckungen *C* und *R*, die in *A* und *B* völlig übereinstimmen, erhalten. Dann wurde, nachdem bei *a* die Schließung erfolgt war, sogleich bei *b* der Prüfungsreiz ausgelöst. Hier stellte sich nun in den Versuchen *A* und *B* ein völlig verschiedener Effect heraus: in *A* wurde bloß eine Zuckung *C* gezeichnet, ganz so als wenn der Prüfungsreiz *R* gar nicht eingewirkt hätte (was durch $RC = 0$ angedeutet ist); in *B* fällt die Zuckungscurve in ihrem Anfang mit *C* zusammen, in einem dem Beginn der Zuckung *R* entsprechenden Momente aber erhebt sie sich über *C* so sehr, dass die Curve *RC* höher ist, als die Curven *R* und *C* zusammengenommen. Aus diesem Verhalten werden wir schließen dürfen, dass in *A* während des Verlaufs der Reizung *C* eine starke Hemmung bestanden hat, während in *B* entweder erregende Wirkungen

1) Untersuchungen zur Mechanik der Nerven I, S. 74.
2) Ebend. S. 72.

überwogen oder gar keine Veränderung der Reizbarkeit existirte. Die letztere Alternative lässt sich entscheiden, wenn man wieder in der vorhin angegebenen Weise durch Ueberlastung die Zuckungen *C* und *R* auf null oder auf eine minimale Höhe herabdrückt. Dieses Verfahren lehrte, dass in der That im Versuch *B* die erregenden Wirkungen im Uebergewicht waren. Der Unterschied in den Versuchsbedingungen von *A* und *B* bestand nun darin, dass in *A* der Prüfungsreiz sehr nahe der vom constanten Strom gereizten Strecke angebracht war, während er in *B* näher dem Muskel lag. Die Versuche zeigen also, dass bei einem und demselben Reizungsvorgange an der einen Nervenstrecke die hemmenden, an der andern die erregenden Wirkungen überwogen [1]).

In allen diesen Fällen hängt es übrigens von der Art der Prüfung ab, welche der einander widerstrebenden Wirkungen, ob die erregende oder hemmende, deutlicher nachweisbar ist. Durchweg sind schwache Reize günstiger zur Nachweisung der Hemmung, stärkere zur Nachweisung der Erregung. Prüft man aber den nämlichen Reizungsvorgang abwechselnd mit schwachen und mit starken Reizen, so ergibt sich, dass bei den meisten Reizungen während des größten Theils ihres Verlaufs sowohl die erregenden wie die hemmenden Wirkungen gesteigert sind: denn in derselben Reizungsperiode, in welcher der Effect schwacher Prüfungsreize ganz unterdrückt wird, kann der Effect starker Prüfungsreize vermehrt sein [2]).

Um für das Verhältniss, in welchem in jedem Moment der Reizungsperiode die hemmenden zu den erregenden Wirkungen stehen, ein gewisses Maß zu gewinnen, wird man hiernach am geeignetsten constant erhaltene Reize von mäßiger Stärke benutzen, die für Hemmung und Erregung ungefähr gleich empfindlich sind. Solche Versuche zeigen nun, dass der Reizungsvorgang, welcher sich nach Einwirkung eines momentanen Reizes, z. B. eines elektrischen Stromstoßes oder einer mechanischen Erschütterung, entwickelt, folgenden Verlauf nimmt. Im Moment des Eintritts der Reizung und kurz nach demselben reagirt der Nerv gar nicht auf den schwachen Prüfungsreiz: ob der letztere einwirkt oder nicht, der Vorgang läuft in der nämlichen Form ab [3]). Lässt man also zuerst einen Reiz *R*

---

1) Versuche über die Superposition zweier Zuckungen hat zuerst Helmholtz ausgeführt (Monatsber. der Berliner Akad. 1854, S. 328). Er fand, im Widerspruch mit dem oben verzeichneten Resultat, dass immer nur eine einfache Addition der Zuckungen stattfinde. Das stärkere Ansteigen der Summationszuckung ist auch von Kronecker und Stanley Hall bestätigt worden (Archiv f. Physiologie 1879, Supplementband S. 19 f.). Ebenso stimmen die Versuche von M. von Frey (ebend. 1888, S. 213) und J. von Kries im gleichen Bande S. 537) in allen wesentlichen Punkten mit meinen Ergebnissen überein.

2) Mechanik der Nerven I, S. 109 ff.

3) Ebend. S. 63 und 100.

(Fig. 76), dann einen Reiz *C* und endlich die beiden Reize *R*, *C* gleichzeitig auf die nämliche Stelle oder auf zwei von einander nicht allzuweit entfernte Stellen des Nerven einwirken, so fällt die im dritten Fall gezeichnete Zuckung *RC* genau mit der stärkeren der beiden Zuckungen *R* oder *C*, in unserm Beispiel (Fig. 76 *A*) mit *R*, zusammen. Derselbe Erfolg tritt ein, wenn man zwischen den Momenten *a*, *b* der Reizung nur eine sehr kurze Zeit verfließen lässt. Sobald aber diese Zwischenzeit um ein merkliches wächst, so übertrifft die combinirte Zuckung die beiden einfachen, und noch ehe der Zeitunterschied die gewöhnliche Zeit der latenten Reizung erreicht, kann leicht *RC* die Summe der beiden Zuckungen *R* und *C* übertreffen, namentlich wenn man sehr schwache Reize wählt, welche nur minimale Zuckungen auslösen (Fig. 76 *B*). Dieses Anwachsen der Reizbarkeit nimmt nun zu bis zu einem Zeitmoment, der ungefähr dem Höhepunkt der Zuckung entspricht, um dann einer Wiederabnahme Platz zu machen: doch ist noch eine längere Zeit nach dem Ende der Zuckung die gesteigerte Reizbarkeit nachzuweisen. Die Fig. 74 S. 253 zeigt diesen weiteren Verlauf vollständig. Demnach lässt sich der zeitliche Verlauf des Reizungsvorganges im allgemeinen in drei Stadien trennen: in das der Unerregbarkeit, der wachsenden und der wiederabnehmenden Erregbarkeit.

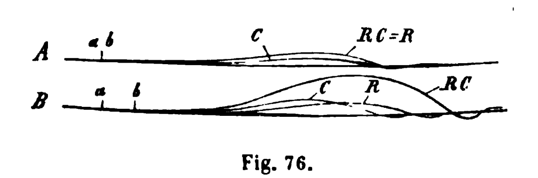


Fig. 76.

Häufig kommt es vor, dass das letztere Stadium durch eine kurze Zeitperiode unterbrochen wird, während deren plötzlich die Reizbarkeit stark abnimmt, um dann rasch abermals anzusteigen. Diese Abnahme fällt immer mit dem Ende der Zuckung zusammen, sie gibt sich wegen der Schnelligkeit, mit der sie vergeht, nur in einer vergrößerten Latenz des Prüfungsreizes zu erkennen, und sie ist regelmäßig nur bei sehr leistungsfähigen Nerven anzutreffen. Sobald der Nerv ermüdet, schwindet daher diese Erscheinung. Eine solche vorübergehende Hemmung nach Ablauf der Zuckung ist in Fig. 77 *A* sichtbar. Die Zuckung links entspricht dem untersuchten Reizungsvorgang, rechts gehört die nicht

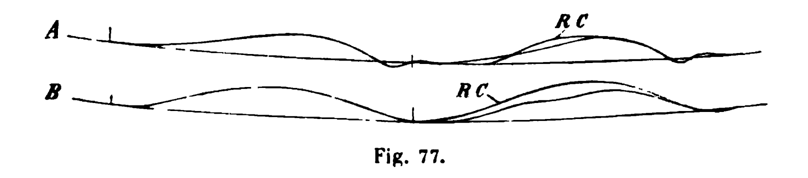


Fig. 77.

bezeichnete Zuckung der einfachen Einwirkung des Prüfungsreizes an, *BC* ist die vom letzteren unter dem Einfluss der vorausgegangenen Reizung ausgelöste Zuckung. In *A* ist der Nerv im frischen, vollkommen leistungsfähigen Zustande, in *B* derselbe Nerv nach der Ermüdung durch mehrmalige Reize untersucht worden [1]).

Diese Abhängigkeit der vorübergehenden Hemmungen von der Leistungsfähigkeit der Nerven beweist zugleich, dass es sich hier nicht etwa um eine Erscheinung handelt, welche durch die Trägheit der Muskelsubstanz bedingt ist. Wäre letzteres der Fall, so könnte nicht im einen Fall nach dem Ablauf der Zuckung die Hemmung erscheinen, im andern dagegen ausbleiben, obgleich sich im Verlauf der durch die untersuchte Reizung ausgelösten Muskelcontraction nichts wesentliches geändert hat. Anders verhält es sich allerdings mit dem in den Anfang der Reizung fallenden Stadium der Unerregbarkeit. Dieses kann theilweise davon herrühren, dass der Muskel, nachdem die Reizung in ihm angelangt ist, eine gewisse Zeit braucht, um in den contrahirten Zustand überzugehen. Aber theilweise kommt die Erscheinung jedenfalls auch auf Rechnung der hemmenden Kräfte des Nerven. Der Beweis hierfür liegt darin, dass die Dauer jenes Stadiums wesentlich von der Beschaffenheit des auf den Nerven wirkenden Reizes abhängt: dasselbe ist z. B. durchweg beträchtlich verlängert bei demjenigen Erregungsvorgang, welcher zur Seite der Anode des constanten Stromes abläuft.

In Bezug auf das Verhältniss der erregenden und hemmenden Wirkungen lässt demnach der ganze Verlauf der Reizungsvorgänge folgendermaßen sich darstellen. Mit dem Eintritt des Reizes beginnen im Nerven gleichzeitig erregende und hemmende Wirkungen. Davon überwiegen zunächst die letzteren bedeutend. Im weiteren Verlauf aber wachsen sie langsamer, während die erregenden schneller zunehmen. Häufig behalten diese ihr Uebergewicht, bis der ganze Vorgang vollendet ist. Ist ein sehr leistungsfähiger Zustand vorhanden, so kommen jedoch unmittelbar nach dem Ablauf der Zuckung noch einmal vorübergehend die hemmenden Wirkungen zur Geltung. Die letztere Thatsache zeigt, dass der Vorgang kein vollkommen stetiger ist, sondern dass der rasche Effect der erregenden Wirkungen, wie er bei der Zuckung stattfindet, immer eine Reaction hemmender Wirkungen nach sich zieht. Das Freiwerden der Erregung gleicht einer plötzlichen Entladung, wobei rasch die für dieselbe disponibeln Kräfte verbraucht werden, so dass während einer kurzen Zeit die entgegengesetzten Kräftewirkungen zum Uebergewicht gelangen. Die Fig. 78 versucht, diesen Verlauf der Vorgänge graphisch zu versinnlichen. Bei *rr'*

[1]) Ebend. S. 86, 190, 200.

liegt der Moment der Reizung, die Curve *ab* stellt den Gang der erregenden, die Curve *cd* den Gang der hemmenden Wirkungen dar, wobei im letzteren Fall die Stärke der Hemmung durch die Größe der abwärts gerichteten (negativen) Ordinaten der Curve *cd* gemessen wird. Wir nehmen an, dass schon vor der Einwirkung des Reizes erregende und hemmende Antriebe im Nerven vorhanden sind, die sich aber das Gleichgewicht halten: wir setzen sie den Ordinaten *xa* und *xc* proportional. Die Erregungscurve macht in dem Zeitmoment *m*, der dem Ende der Zuckung entspricht, entweder eine rasche Biegung unter die Abscissenlinie (der vorübergehenden Hemmung entsprechend), oder sie setzt (wie die unterbrochene Linie andeutet) continuirlich ihren Verlauf fort. Die Hemmungscurve zeichnet durch rascheres Ansteigen in ihrem Anfang sich aus. Was wir Leistungsfähigkeit des Nerven nennen, ist nun augenscheinlich eine gleichzeitige Function von Hemmung und Erregung. Je leistungsfähiger der Nerv ist, um so mehr sind in ihm sowohl die hemmenden wie die erregenden Kräfte gesteigert. Beim erschöpften Nerven sind beide, vorzugsweise aber die hemmenden Kräfte vermindert. Hier ist daher die Reizbarkeit größer, die vorübergehenden Hemmungen nach Ablauf der Zuckung sind nicht mehr wahrnehmbar, der ganze Verlauf der Zuckung ist gedehnter, und diese hinterlässt noch eine längere Zeit gesteigerte Reizbarkeit. Aber die Abnahme auch der erregenden Kräfte spricht sich in der geringeren Höhe der auf stärkere Reize erfolgenden Zuckungen und in dem langsameren Eintritt der letzteren aus. Ebenso ist das Stadium der latenten Reizung von längerer Dauer, der Nerv bedarf also mehr Zeit, um die zur Auslösung der Muskelzuckung erforderlichen Kräfte zu sammeln[1]). Erscheinungen, welche denjenigen gleichen, durch welche sich der herabgesetzte Kräftezustand verräth, lassen sich durch die Einwirkung der Kälte hervorbringen, wogegen der Einfluss einer höheren Temperatur umgekehrt in Symptomen sich äußert, die dem Zustand hoher Leistungsfähigkeit ähnlich sind. Freilich besteht der Unterschied, dass die Wärmezufuhr den Kräftevorrath nicht ersetzen

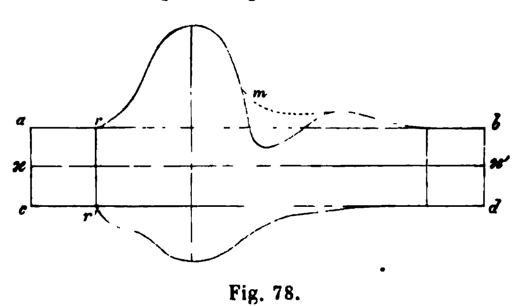


Fig. 78.

[1]) Um die beiden hier geschilderten Zustände des Nerven kurz zu bezeichnen, habe ich denjenigen, in welchem der innere Kräftevorrath herabgesetzt ist, den asthenischen, den entgegengesetzten den sthenischen Zustand genannt. (A. a. O. S. 43 und 242.)

kann, dass also, indem durch sie während einer kurzen Zeit der Nerv zu bedeutenden Leistungen fähig ist, nur um so rascher die inneren Kräfte desselben verbraucht werden[1]).

Einer besondern Erwähnung bedarf noch die Reizung durch den constanten galvanischen Strom. Dieser wirkt im allgemeinen sowohl bei seiner Schließung wie bei seiner Oeffnung erregend auf den Nerven, in beiden Fällen ist aber der Reizungsvorgang im Bereich der Anode ein wesentlich anderer als im Bereich der Kathode. In der Nähe der letzteren sind bei Strömen von nicht allzu bedeutender Stärke die der Schließung zunächst folgenden Vorgänge von derselben Beschaffenheit, wie sie nach momentanen Reizen in der ganzen Länge des Nerven gefunden werden; der einzige Unterschied besteht darin, dass die erregenden und hemmenden Wirkungen in ermäßigtem Grade fortdauern, so lange der Strom geschlossen ist, indem zugleich fortwährend die Erregung im Uebergewichte bleibt. Anders verhält es sich aber in der Nähe der Anode: hier sind hemmende Kräfte von bedeutender Stärke wirksam, welche mit der Stromintensität weit rascher zunehmen als die erregenden Wirkungen, so dass bei etwas stärkeren Strömen, falls die Anode gegen den Muskel hin liegt, die an ihr stattfindende Hemmung die Fortpflanzung der an der Kathode beginnenden Erregung zum Muskel hindert. In Folge davon nimmt mit der Verstärkung des aufsteigend gerichteten Stromes die Schließungszuckung sehr bald wieder ab und verschwindet endlich ganz. Die anodische Hemmung beginnt an der Anode im Moment der Schließung, sie breitet sich dann langsam und allmählich abnehmend in weitere Entfernung aus. Je nach der Stromstärke durchläuft sie nämlich nur zwischen 80 und 500 mm in der Sec., bleibt also weit hinter dem mit einer Schnelligkeit von 26—32 Meter forteilenden Erregungsvorgang zurück. Mit der Stärke des Stromes nimmt die Geschwindigkeit der Hemmung bedeutend zu, und sie überschreitet nun auch den Bereich der Kathode. Bei der Oeffnung des Stromes verschwinden die während der Schließung vorhandenen Unterschiede mehr oder weniger rasch, und zugleich kommen an der Kathode vorübergehend die hemmenden Wirkungen zum Uebergewichte: in diesem Ausgleichungsvorgange besteht die Oeffnungsreizung. Sie geht vorzugsweise von der Gegend der Anode aus, wo die während der Schließung bestandene Hemmung in Erregung umschlägt, eine Schwankung, die um so rascher geschieht, je stärker der Strom war. Die Eigenthümlichkeit der vom constanten Strom ausgelösten Reizungsvorgänge lässt hiernach im allgemeinen dahin sich feststellen, dass die erregenden und hemmenden Wirkungen, die bei andern Reizungen sich gleichmäßig über

1) Ebend. S. 208.

den Nerven verbreiten, nach der Lage der Elektroden sich scheiden, indem bei der Schließung in der Gegend der Kathode die erregenden, in der Gegend der Anode die hemmenden Kräfte überwiegen, bei der Oeffnung aber eine Ausgleichung stattfindet, welche vorübergehend die entgegengesetzte Kräftevertheilung herbeiführt[1].

Die dauernden Wirkungen des constanten Stromes zur Seite der beiden Elektroden wurden zuerst von Pflüger nachgewiesen. Auch fand er bereits im allgemeinen, dass die katelektrotonischen Veränderungen der Erregbarkeit nahezu momentan, die anelektrotonischen dagegen verhältnissmäßig langsam sich ausbreiten[2]. Mit Hülfe des oben angegebenen Versuchsverfahrens[3] habe ich sodann den zeitlichen Verlauf der Vorgänge sowohl bei Reizung mit dem constanten Strom wie mit andern Erregungsmitteln näher verfolgt. Hinsichtlich des constanten Stroms gelangten Tschirjew[4] sowie Hermann und seine Schüler[5] zu nicht ganz übereinstimmenden Ergebnissen, indem der erstere eine der gewöhnlichen Fortpflanzung der Reizung annähernd gleiche Geschwindigkeit der Hemmungswelle, die letzteren sogar einen momentanen Eintritt der extrapolaren Veränderungen zu finden glaubten. Die Resultate dieser Beobachter sind aber insofern mit meinen Versuchen nicht vergleichbar, als sich dieselben lediglich darauf beschränkten, gleichzeitig mit dem Schließen eines aufsteigenden constanten Stroms zur Seite der positiven Elektrode einen schwachen Reiz anzuwenden, der ohne den constanten Strom nur eine minimale Zuckung auslöste. Sie beobachteten dann, dass diese Zuckung entweder sehr schnell nach dem Eintritt des Stromes (Tschirjew) oder gleichzeitig mit demselben (Hermann) unterdrückt wurde. Damit ist höchstens bewiesen, dass die ersten Spuren der Hemmungswelle schon sehr bald oder sogar in einer für die angewandten Messvorrichtungen verschwindenden Zeit in einer von der Anode nicht allzu weit entfernten Strecke zu bemerken sind. Ueber das allmähliche Anwachsen dieser Welle können aber nur Beobachtungen Aufschluss geben, bei denen man successiv in verschiedenen Entfernungen von der Anode einen nicht-minimalen Prüfungsreiz anwendet und nun aus dem allmählichen Abnehmen der Zuckung den zeitlichen Verlauf der sich entwickelnden Vorgänge entnimmt, wie dies z. B. die Figg. 4, 5 und 7 (S. 26, 36, 52) meiner Arbeit deutlich zeigen. Die obigen Zahlen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hemmungswelle beziehen sich daher auch lediglich auf die Zeit, die bis zum vollen Eintritt der anodischen Hemmung verfließt. Für die Fortpflanzung der elektrischen Veränderungen des Elektrotonus fand auch Bernstein[6] die verhältnissmäßig geringe Geschwindigkeit von 8—9 Meter in der Secunde.

1) Vgl. die ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse über die Reizung durch den constanten Strom in meinen Untersuchungen S. 223 ff.
2) Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. Berlin 1859.
3) Die nähere Beschreibung desselben a. a. O. S. 4 ff.
4) Archiv f. Physiologie 1879, S. 525 ff.
5) Pflüger's Archiv XXI, S. 446 ff.
6) Monatsber. der Berliner Akad. 1880, S. 186.

3. Theorie der Nervenerregung.

Als wir oben den wahrscheinlichen Molecularzustand des Nerven ins Auge fassten, haben wir gesehen, dass in demselben fortwährend positive und negative Moleculararbeit geleistet wird. Die positive Moleculararbeit allein würde entweder als frei werdende Wärme oder als äußere Arbeit, z. B. Muskelzuckung, sich zu erkennen geben; die negative Moleculararbeit würde ein Verschwinden solcher Arbeitsleistungen, Latentwerden von Wärme oder Hemmung einer ablaufenden Muskelreizung, bedingen. Das Gleichgewicht zwischen positiver und negativer Moleculararbeit aber führt den stationären Zustand des Nerven mit sich, in welchem weder die Temperatur desselben geändert noch eine äußere Arbeit geleistet wird. Wenn wir nun unter dem Einfluss eines äußeren Reizes einen Vorgang entstehen sehen, welcher entweder eine Muskelzuckung hervorruft oder auch nur dem prüfenden Reize gegenüber als gesteigerte Reizbarkeit sich kundgibt, so bedeutet dies offenbar, dass die positive Moleculararbeit zugenommen hat. Wenn umgekehrt eine ablaufende Muskelzuckung gehemmt wird oder die Reaction gegen einen Prüfungsreiz abnimmt, so bedeutet dies, dass die negative Moleculararbeit größer geworden ist. Somit kommen wir zu dem allgemeinen Satze: durch den Anstoß des Reizes wird sowohl die positive wie die negative Moleculararbeit des Nerven vergrößert. Nach den früher geführten Erörterungen werden wir uns also vorstellen, dass der Reizanstoß sowohl die Vereinigung der Atome complexer chemischer Molecüle zu festeren Verbindungen als auch den Wiederaustritt aus diesen und die Rückkehr in losere und zusammengesetztere Verbindungen beschleunigt. Auf der Restitution dieser complexen Molecüle beruht die Erholung des Nerven, aus der Verbrennung zu festeren und schwerer zersetzbaren Verbindungen geht seine Arbeitsleistung hervor, auf ihr beruht aber auch seine Erschöpfung. Aeußere Arbeit, Muskelzuckung oder Erregung von Ganglienzellen, kann der Reiz nur dadurch herbeiführen, dass er die positive Moleculararbeit stets in bedeutenderem Grade als die negative beschleunigt. Aus der ersteren wird dann jene Arbeit der Erregung hervorgehen, welche an bestimmte Organe übertragen noch weiter in andere Formen von Arbeit transformirt werden kann. Zugleich müssen sich positive und negative Moleculararbeit in der durch das Verhältniss der erregenden und hemmenden Wirkungen bestimmten Folge über die Zeit vertheilen. Zunächst folgt also, dem Stadium der Unerregbarkeit entsprechend, eine Anhäufung vorräthiger Arbeit, indem der Reizanstoß zahlreiche Molecüle aus ihren

bisherigen Verbindungen löst. Hierauf beginnt eine Verbrennung, welche von den losgerissenen Theilchen ausgeht und dann die leicht verbrennlichen Bestandtheile der Nervenmasse überhaupt ergreift, wobei also eine große Menge vorräthiger sich in wirkliche Arbeit umwandelt. Geschieht diese Verbrennung sehr schnell, so überwiegt nachher wieder während einer kurzen Zeit die negative Moleculararbeit, die Restitution complexer Molecüle (vorübergehende Hemmungen). Im allgemeinen aber bleibt nach dem Ablauf der Zuckung noch längere Zeit ein Ueberschuss positiver Moleculararbeit, der sich in der verstärkten Wirkung eines hinzutretenden zweiten Reizes kundgibt. Die nämlichen Curven, durch welche wir uns die Beziehungen von Erregung und Hemmung versinnlichten, gelten daher auch für das Verhältniss der positiven zur negativen Moleculararbeit (Fig. 78, S. 258). Das Gleichgewicht zwischen beiden während des Ruhezustandes wird durch die Gleichheit der Anfangs- und Endordinaten xa, xc und $x'b$, $x'd$ angedeutet. Im allgemeinen ist aber der innere Zustand des Nerven, nachdem der Reizungsvorgang abgelaufen ist, nicht mehr genau derselbe wie vorher, denn es ist nicht nur in jedem Moment der Reizung das Gleichgewicht zwischen positiver und negativer Arbeit gestört, sondern es ist auch im ganzen mehr an positiver Arbeit ausgegeben, als an negativer, an Arbeitsvorrath gewonnen worden. Dies spricht sich darin aus, dass der Flächenraum der obern Curve größer als derjenige der untern ist, ein Unterschied, der um so bedeutender wird, je mehr der Nerv sich erschöpft. Mit der Zeit wird dieser immer unfähiger zu jener Restitution seiner zusammengesetzten Bestandtheile, auf welcher die Wiederherstellung seiner Arbeitsfähigkeit beruht. Der leistungsfähige Nerv erholt sich daher leichter, und je erschöpfter der Nerv schon ist, um so erschöpfender wirken neue Reizungen.

Von der ganzen Summe positiver Moleculararbeit, welche durch den Reiz im Nerven frei wird, wandelt sich ohne Zweifel immer nur ein Theil in erregende Wirkungen um oder geht, wie wir uns ausdrücken können, über in Erregungsarbeit, ein anderer Theil mag zu Wärme, ein dritter wieder zu vorräthiger (negativer) Arbeit werden. Die Erregungsarbeit ihrerseits wird nur zum Theil zur Auslösung äußerer Reizeffecte, Muskelzuckung oder Reizung von Ganglienzellen, verwendet, da während der Zuckung und nach derselben immer noch gesteigerte Reizbarkeit besteht. Ein neu hinzutretender Reiz findet daher immer noch einen Ueberschuss von Erregungsarbeit vor. Erfolgt kein neuer Reizanstoß, so geht jener Ueberschuss höchst wahrscheinlich in Wärme über. Nachdem zunächst an der gereizten Stelle die Erregungsarbeit entstanden ist, wirkt sie auf die benachbarten Theile, wo nun ebenfalls die vorhandene Moleculararbeit sich theilweise in Erregungsarbeit umsetzt u. s. f. Nun hat aber der

durch den momentanen Reiz ausgelöste Vorgang immer eine längere Dauer. Während also Erregungsarbeit ausgelöst wird, fließen der betreffenden Stelle neue Reizanstöße aus ihrer Nachbarschaft zu. So erklärt sich jenes Anschwellen der Erregung, welches wir bei der Reizung verschiedener Punkte des Nerven wahrnahmen (S. 251).

Die Reizung durch den constanten Strom unterscheidet sich lediglich dadurch, dass bei ihr die Summen positiver und negativer Moleculararbeit nicht gleichförmig vertheilt sind, sondern dass, während der Strom geschlossen ist, in der Gegend der Anode die negative, in der Gegend der Kathode die positive Moleculararbeit überwiegt. Dieser Gegensatz wird begreiflich, wenn man erwägt, dass es hier die Elektrolyse ist, welche die inneren Veränderungen des Nerven herbeiführt. An der positiven Elektrode werden elektronegative, an der negativen elektropositive Bestandtheile ausgeschieden. An beiden Orten wird also durch die Arbeit des elektrischen Stromes Dissociation herbeigeführt. In Folge derselben muss zunächst Arbeit verschwinden; aber sobald die losgerissenen Theilmolecüle die Neigung haben, unter sich festere Verbindungen einzugehen, als aus denen sie ausgeschieden wurden, so kann auch die positive Moleculararbeit zunehmen, d. h. es kann ein Theil der verschwundenen Arbeit wieder frei werden. Die Reizungserscheinungen führen nun zu dem Schlusse, dass das erstere regelmäßig in der Gegend der Kathode, das zweite in der Nähe der Anode stattfindet. Die näheren chemischen Vorgänge sind uns hierbei noch unbekannt, aber an Beispielen eines analogen Kräftewechsels aus dem Gebiet der elektrolytischen Erscheinungen fehlt es nicht. So scheidet sich bei der Elektrolyse des Zinnchlorürs an der Kathode Zinn aus, in welchem die zu seiner Trennung angewandte Arbeit als Arbeitsvorrath verbleibt, an der Anode dagegen erscheint Chlor, das sich sogleich mit dem Zinnchlorür zu Zinnchlorid verbindet, wobei Wärme frei wird. Aehnliche Erfolge können überall eintreten, wo die Producte der Elektrolyse chemisch auf einander einwirken. Bei der Oeffnung des durch eine Nervenstrecke fließenden Stromes erfolgt wegen der Polarisirung derselben eine schwächere elektrolytische Zersetzung in einer dem ursprünglichen Strom entgegengesetzten Richtung, die im Verein mit der allmählichen Ausgleichung der chemischen Unterschiede die Erscheinungen der Oeffnungsreizung verursacht.

Was die Beziehung der hier in ihrem allgemeinen Mechanismus geschilderten Vorgänge zu den elektrischen Veränderungen des gereizten Nerven betrifft, so ist die Thatsache beachtenswerth, dass nach den Untersuchungen von BERNSTEIN[1]) die Schwankung des Nervenstroms, die einer

1) PFLÜGER's Archiv I, S. 190. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Heidelberg 1871, S. 30.

momentanen Reizung des Nerven nachfolgt, durchschnittlich schon 0,0006 bis 0,0007 Sec. nach dem Eintritt des Reizes ihr Ende erreicht hat, somit vollständig in das Stadium der Unerregbarkeit des Nerven fällt[1]). Die Schwankung hängt daher wahrscheinlich mit den hemmenden Kräften oder mit dem Uebergang positiver in negative Moleculararbeit zusammen. Die Art dieses Zusammenhangs bedarf aber noch der näheren Aufklärung, ehe an eine theoretische Verwerthung der elektrischen Vorgänge zu denken ist.

4. Einfluss der Centraltheile auf die Erregungsvorgänge.

Um die Vorgänge in der centralen Nervensubstanz zu untersuchen, gehen wir von der Reizung des peripherischen Nerven aus und suchen zu ermitteln, in welcher Weise deren Verlauf abgeändert wird, wenn sie Centraltheile durchwandern muss. Am einfachsten lässt dieser Versuch mittelst der Untersuchung der Reflexerregungen sich ausführen. Man reizt zunächst durch einen Stromstoß von geeigneter Stärke eine motorische Nervenwurzel, deren Zusammenhang mit dem Rückenmark und den ihr zugehörigen Muskeln erhalten blieb; dann wird ebenso der centrale Stumpf irgend einer sensibeln Wurzel gereizt. Die beiden Zuckungen werden vom Muskel aufgezeichnet, und zugleich wird der Versuch so eingerichtet, dass der Zeitpunkt der Reizung dem nämlichen Punkt der Abscissenlinie beider Zuckungscurven entspricht. Die Unterschiede im Eintritt und Verlauf der zwei Zuckungen geben uns dann ein Maß für den Einfluss der zwischenliegenden centralen Substanz.

Zunächst macht man hierbei die Beobachtung, dass es bedeutend stärkerer Reize bedarf, um von einer sensibeln Wurzel aus Zuckung hervorzubringen. Wählt man möglichst instantane Stromstöße, z. B. Inductionsschläge, so ist es sogar häufig gar nicht möglich überhaupt Reflexzuckungen auszulösen, da man zu Strömen von solcher Stärke greifen müsste, dass Stromesschleifen auf das Rückenmark befürchtet werden müssten[2]). Ist aber die Reflexreizbarkeit groß genug, um den Versuch ausführen zu können, so wiederholen sich an den beiden Zuckungen in stark vergrößertem Maßstabe jene Unterschiede, die uns bei der Reizung

---

1) Die Schwankung des Muskelstromes ist von etwas längerer Dauer: sie nimmt etwa 0,004″ in Anspruch (Bernstein, Untersuchungen S. 64), eine Zeit, die aber gleichfalls noch innerhalb der Grenzen des Stadiums der Unerregbarkeit liegt.

2) Um eine für länger dauernde Versuchsreihen ausreichende Reflexerregbarkeit zu erhalten, bedient man sich daher zweckmäßig einer Hülfsvergiftung mit minimalen Dosen (0,002 bis höchstens 0,004 Milligr.) Strychnin. Durch eigens zu diesem Zweck angestellte Versuche habe ich mich überzeugt, dass durch minimale Mengen des Giftes der zeitliche Verlauf der Reflexzuckungen nicht abgeändert wird. Vgl. Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren, II, S. 9 f. Stuttgart 1876.

zweier verschieden weit vom Muskel entfernter Stellen des Bewegungsnerven entgegengetreten sind (vgl. Fig. 73). Die Reflexzuckung tritt nämlich außerordentlich verspätet ein, und sie ist von viel längerer Dauer. Reizt man z. B. eine motorische und eine sensible Wurzel, die in gleicher Höhe und auf der nämlichen Seite in das Mark eintreten, und wählt man die beiden Reize so, dass die Zuckungshöhen gleich werden, so zeigen die zwei Curven den in Fig. 79 dargestellten Verlauf. Ein wesentlicher Unterschied von den an verschiedenen Stellen des motorischen Nerven ausgelösten Zuckungen liegt hier nur darin, dass, um der Reflexzuckung die gleiche Höhe zu geben, nicht ein schwächerer, sondern ein stärkerer Reiz gewählt werden musste. Die Unterschiede im Verlauf der Erregung sind aber hier so bedeutend, dass sie ihren Charakter nicht ändern, wie man auch die Intensität der Reize wählen möge. Zwar nimmt mit der Verstärkung der Reize nicht nur die Höhe, sondern auch die Dauer der Zuckungen zu, während sich die Zeit der latenten Reizung vermindert. Aber die schwächsten Reflexzuckungen zeigen immer noch eine verlängerte Dauer

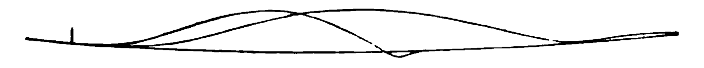


Fig. 79.

und die stärksten einen verspäteten Eintritt, auch wenn man jene mit den stärksten und diese mit den schwächsten directen Zuckungen vergleicht[1]). Die Zeit, welche die Reizung braucht, um von einer sensibeln Wurzel bis in eine motorische zu gelangen, wird nun offenbar durch die Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der beiden Zuckungen, der directen und der reflectorischen, angegeben, und bei der Kürze der Nervenwurzeln wird nur ein verschwindender Theil dieser Zeit auf Rechnung der peripherischen Leitung zu setzen sein: wir können daher jene Zeitdifferenz einfach als die Reflexzeit bezeichnen. Zu ihrer Bestimmung wird man aber wegen der Abhängigkeit der latenten Reizungen von der Stärke der Reize wiederum, wie bei der Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den peripherischen Nerven, nur solche Versuche auswählen dürfen, in denen die Höhe der beiden Zuckungen gleich groß war.

Dies vorausgesetzt lässt sich nun die Reflexzeit unter verschiedenen Bedingungen untersuchen. Der einfachste Fall besteht in der schon in Fig. 79 zur Darstellung gekommenen Uebertragung von einer sensibeln auf eine dem nämlichen Nervenstamm angehörige motorische Wurzel: wir wollen dies als den Fall der gleichseitigen Reflexerregung

1) Nur in ganz seltenen Fällen zeigt sich bei maximaler Reflexerregung und minimaler motorischer Reizung eine Ausnahme von dieser Regel, s. a. a. O. S. 21.

bezeichnen. Daran schließt sich die Fortpflanzung des Reizes von einer sensibeln Wurzel auf eine in gleicher Höhe, aber auf der entgegengesetzten Seite aus dem Rückenmark austretende motorische: wir nennen dies die quere Reflexerregung. Dazu kommt endlich drittens die Fortpflanzung in der Höhenrichtung des Rückenmarks, die Höhenleitung der Reflexe, also z. B. die Uebertragung von der sensibeln Wurzel eines Armnerven auf die motorische eines Beinnerven. In jedem dieser drei Fälle ist die Reflexzeit von der Stärke der Erregungen nicht in merklichem Grade abhängig. Sie ist, wie vorauszusehen war, relativ am kleinsten bei der gleichseitigen Reflexerregung, wo sie unter normalen Verhältnissen 0,008—0,015 Secunden beträgt [1]. Sie ist aber, was man vielleicht nicht erwartet hätte, bei der Querleitung relativ größer als bei der Höhenleitung. Vergleicht man nämlich den queren mit dem gleichseitigen Reflex, so beträgt die Verzögerung des ersteren gegen den letzteren durchschnittlich 0,004 Sec. Vergleicht man aber den durch Reizung einer sensibeln Armnervenwurzel im Schenkel ausgelösten abermals mit dem gleichseitigen Reflex, so bleibt die Verzögerung in der Regel etwas unter jenem Werthe [2]. Da nun im zweiten Fall die Reizung mindestens eine 6 bis 8 Mal größere Weglänge zurückzulegen hat als im ersten, so ist ersichtlich, dass die Verzögerung bei der Querleitung sehr viel beträchtlicher sein muss als bei der Höhenleitung. Man wird dies wohl darauf beziehen dürfen, dass die Höhenleitung großentheils durch die longitudinal verlaufenden Markfasern geschieht, während die Querleitung fast ganz durch das Gangliennetz der grauen Substanz geschehen muss. Es bestätigen daher diese Vergleichsversuche den schon aus der langen Dauer der Reflexzeit sich mit Wahrscheinlichkeit ergebenden Schluss, dass die centralen Elemente dem Verlauf der Erregungen ungleich größere Widerstände entgegensetzen als die Nervenfasern. Der nämliche Schluss ergibt sich aus der weiteren Thatsache, dass auch in den Spinalganglien des Frosches eine Verzögerung der Leitung von durchschnittlich 0,003 Sec. stattfindet, sowie aus der damit im Zusammenhang stehenden Beobachtung, dass die sensibeln Nervenwurzeln reizbarer sind als die Nervenfasern unterhalb der Spinalganglien. Hierbei findet sich dann zugleich das bemerkenswerthe Verhältniss, dass die sensibeln Nervenausbreitungen in der Haut leichter erregbar sind als die zur Haut herantretenden Nervenzweige. Wie in den Spinalganglien Einrichtungen existiren, welche die Reizbarkeit der eintretenden Nerven vermindern, so müssen also in der Haut Einrichtungen gegeben sein, welche die entgegengesetzte Eigenschaft besitzen. Möglicherweise kommen hier jene peripherischen Ganglienzellen in Betracht, welche

1) A. a. O. S. 14 f.
2) Ebend. S. 30, 37.

bei allen Sinnesnerven nahe der Endigung vorkommen. Für die Nervenstämme und ihre Verzweigungen ist aber in Folge dessen die Reizbarkeit ein Minimum, eine Eigenschaft, welche offenbar in hohem Maße geeignet ist, die Centralorgane vor dem Zufluss zweckloser sensorischer Erregungen zu schützen [1]).

Die durch die zeitlichen Verhältnisse der Reflexleitung nahe gelegte Vorstellung, dass die centralen Elemente einerseits den ihnen zugeführten Erregungen größere Widerstände entgegensetzen, anderseits aber auch im Stande sind, eine größere Summe in ihnen selbst angesammelter Kraft zu entwickeln, empfängt nun ihre Bestätigung durch zahlreiche andere Erscheinungen. Hierher gehört zunächst die Thatsache, dass fast in allen Fällen, in denen nicht auf künstlichem Wege die Erregbarkeit des Rückenmarks gesteigert wurde [2]), ein einzelner momentaner Reizanstoß keine Reflexzuckung auslöst, sondern dass hierzu wiederholte Reize erforderlich sind, worauf dann zugleich die Contraction einen tetanischen Charakter anzunehmen pflegt [3]). Innerhalb gewisser Grenzen tritt dabei der Reflex nach derselben Zahl von Einzelreizen auf, ob diese langsam oder schnell einander folgen [4]). Anderseits ist die Dauer eines Reflextetanus nicht, wie die der Contraction bei tetanischer Erregung des motorischen Nerven, unmittelbar von der Dauer der Reizung abhängig, sondern bei kürzer dauernder Reizung pflegt der Tetanus die Reizung zu überdauern, bei länger dauernder dagegen früher als dieselbe wieder zu verschwinden [5]). Eine weitere Erscheinung, welche die Unterschiede in den Reizbarkeitsverhältnissen der peripherischen und der centralen Nervensubstanz sehr deutlich zeigt, ist die folgende. Reizt man durch Inductionsschläge, die in nicht allzugroßer

---

1) A. a. O. S. 45 f.

2) Vgl. S. 264, Anm. 2.

3) KRONECKER und STIRLING, Berichte der k. sächs. Ges. der Wissensch. zu Leipzig, math.-phys. Cl. 1874, S. 372. Wenn übrigens die genannten Beobachter angeben, dass sich die Reflexzuckung immer durch einen mehr tetanischen Charakter von der einfachen Muskelzuckung unterscheide (Archiv f. Physiologie 1878, S. 23), so kann ich dieser Angabe nicht zustimmen. Sie beruht offenbar darauf, dass KRONECKER und STIRLING die oben erwähnte minimale Hülfsvergiftung nicht anwandten und daher stärkerer Reize zur Erregung von Reflexen bedurften. Die einfache Reflexzuckung ist etwas länger dauernd, gleicht aber sonst in ihrem Verlauf vollständig der einfachen Muskelzuckung. Damit soll übrigens nicht gesagt sein, dass zwischen einfacher Zuckung und Tetanus überhaupt eine feste Grenze zu ziehen ist. Der in ihrem ansteigenden Theil beschleunigte Verlauf der einfachen Muskelzuckung lehrt, dass bei ihr mehrere auf einander folgende Erregungsstöße stattfinden.

4) So fand WARD (Archiv f. Physiol. 1880, S. 72), dass in der Regel 7—10 Einzelreize zur Auslösung einer Reflexzuckung genügten, und dass innerhalb der Grenzen eines Intervalls von 0,05—0,40 Sec. nur die Summe, nicht die zeitliche Geschwindigkeit der Einzelreize für den Eintritt der Reflexe bestimmend war, woraus zu schließen ist, dass jede Einzelerregung mindestens 0,4 Sec. in unveränderter Stärke bestehen bleibt.

5) BEAUNIS, Rech. expér. sur les conditions de l'activité cérébrale et sur la physiologie des nerfs. Paris 1884, p. 106.

Frequenz auf einander folgen, den motorischen Nerven, so geräth der zugehörige Muskel, wie zuerst HELMHOLTZ[1]) gezeigt hat, in Schwingungen von gleicher Frequenz, welche man als Ton wahrnehmen oder auch auf einem mit gleichförmiger Geschwindigkeit rotirenden Cylinder mittelst einer passenden Vorrichtung aufzeichnen lassen kann. Reizt man nun in derselben Weise das Rückenmark, so geräth der Muskel ebenfalls in Schwingungen, aber die Vibrationsfrequenz ist bedeutend verlangsamt. Die Fig. 80 zeigt zwei auf diese Weise von KRONECKER und HALL gewonnene Schwingungscurven eines Kaninchenmuskels. Bei 42 Reizen in der Secunde zeichnete der Muskel, als der motorische Nerv gereizt wurde, die obere, als das unterhalb der medulla oblongata getrennte Rückenmark gereizt wurde, die untere Wellenlinie[2]). In nahem Zusammenhange hiermit steht die Beobachtung von BAXT, dass möglichst einfache Willkürbewegungen immer erheblich länger dauern als einfache Zuckungen, die durch Reizung eines motorischen Nerven ausgelöst werden. So fand z. B. BAXT an sich selbst, dass der Zeigefinger der rechten Hand in Folge einer Reizung durch den Inductionsstrom eine Bewegung in durchschnittlich 0,166″ ausführte, zu der bei willkürlicher Innervation 0,296″ erforderlich waren[3]).

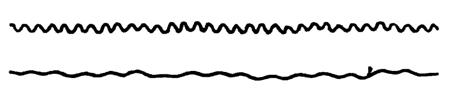


Fig. 80.

Die größere Wirksamkeit oft wiederholter Reize auf das Rückenmark ist offenbar dadurch bedingt, dass jede Reizung eine Steigerung der Reflexerregbarkeit zurücklässt. Auch in dieser Beziehung bietet jedoch die centrale Substanz nur in verstärktem Maße Erscheinungen dar, die uns schon beim peripherischen Nerven begegnet sind. Dagegen scheint gewissen chemischen Wirkungen, die auf noch unbekannte Weise eine ähnliche Veränderung der Reizbarkeit hervorbringen können, nur die centrale Nervensubstanz zugänglich zu sein. Die Träger dieser Wirkungen sind die sogenannten Reflexgifte, unter denen das Strychnin wegen der Sicherheit, mit der es die Veränderungen herbeiführt, die erste Stelle einnimmt. Das Strychnin verdankt diese Eigenschaft wahrscheinlich dem Umstande, dass seine Wirkung sich fast ganz auf die centrale Substanz des Rückenmarks beschränkt, während andere Nervengifte theils in höheren Nervencentren, theils in peripherischen Nerven Veränderungen hervorbringen, welche den Einfluss auf das Rückenmark ganz oder theilweise aufheben können[4]).

1) HELMHOLTZ, Monatsberichte der Berliner Akademie 1864, S. 307.
2) KRONECKER und STANLEY HALL, Archiv f. Physiologie 1879, Supplementband S. 12.
3) Ebend. S. 17. Uebereinstimmende Resultate ergaben die Versuche von KRIES, Archiv f. Physiol. 1886. Supplementband S. 1 ff.
4) Untersuchungen zur Mechanik der Nerven, II, S. 64.

Die Wirkungen einer solchen Vergiftung sind nun im allgemeinen folgende: 1) Es genügen viel schwächere Reize, um Reflexzuckung auszulösen; bald wird sogar eine Grenze erreicht, wo die Reflexreizbarkeit größer wird als die Reizbarkeit des motorischen Nerven. 2) Schon bei den schwächsten Reizen, die eben Zuckung erregen, ist diese höher und namentlich länger dauernd als unter normalen Verhältnissen; bei gesteigerter Giftwirkung geht sie in eine tetanische Contraction über. 3) Der Eintritt der Zuckung wird immer mehr verspätet, so dass die Zeit der latenten Reizung auf mehr als das doppelte ihrer gewöhnlichen Dauer vergrößert werden kann. Zugleich nehmen die Unterschiede in der Zeit der latenten Reizung bei starken und schwachen Reizen enorm zu: auf der Höhe der Giftwirkung zeigt der Reflextetanus kaum Gradunterschiede mehr, ob man die stärksten oder die schwächsten Reize wählt, aber bei den letzteren ist der Eintritt desselben außerordentlich verspätet. Die Fig. 81 zeigt ein Beispiel dieser Veränderungen. Die Curve *A* ist im Anfang der Giftwirkung, die Curven *B* sind auf der Höhe derselben gezeichnet, *a* wurde

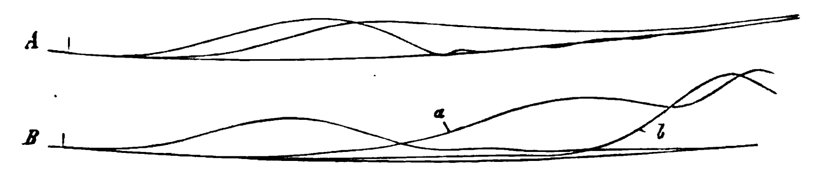


Fig. 81.

durch einen stärkeren, *b* durch einen schwächeren momentanen Reiz ausgelöst; in beiden Fällen ist wieder zur Vergleichung eine directe Zuckung ausgeführt worden. Diese Verlängerung der latenten Reizung steht ohne Zweifel in unmittelbarem Zusammenhang mit der gesteigerten Reizbarkeit. In der durch das Gift veränderten centralen Substanz kann offenbar der Reiz eine längere Zeit nachwirken, um, nach Ueberwindung der anfänglichen Hemmung, zuletzt die Erregung auszulösen. Es tritt hier etwas ähnliches ein wie bei der Summirung der Reizungen, nur fällt die Wiederholung des äußeren Reizes hinweg. Wir müssen demnach annehmen, dass der Reiz eine Menge auf einander folgender Reizungen hervorbringt, welche sich summirend schließlich Erregung bewirken. Dies führt zu der Vorstellung, dass in Folge der Veränderung die molecularen Hemmungsvorgänge nicht merklich alterirt worden sind, dass aber die positive Molecularabeit nicht, wie es im normalen Zustande geschieht, alsbald nach ihrem Freiwerden ganz oder großentheils wieder gebunden wird, sondern dass sie allmählich sich anhäuft. Es ist bemerkenswerth, dass ä

liche, nur schwächere Wirkungen durch den Einfluss der Kälte auf das Rückenmark hervorgerufen werden[1]).

Diesen die Erregbarkeit der centralen Elemente steigernden Einflüssen stehen jene gegenüber, welche wir schon im vorigen Capitel als hemmende kennen lernten. Wir sahen dort Hemmungen der Reflexe eintreten, wenn andere sensorische Theile erregt werden (S. 179). Die erste Thatsache, welche die Aufmerksamkeit auf diese Einflüsse lenkte, war die längst bekannte Steigerung der Reflexerregbarkeit des Rückenmarks nach Abtragung des Gehirns. Von ihr ausgehend fand SETSCHENOW, dass die Reizung gewisser Hirntheile, des Thalamus, der Zweihügel und der medulla oblongata, beim Frosche den Eintritt der Reflexe aufhebt oder verzögert[2]). Er war daher geneigt anzunehmen, die Function der Hemmung sei auf bestimmte Centralgebiete beschränkt. Indem nun aber weiterhin die Untersuchung zeigte, dass auch die Reizung anderer sensibler Nerven sowie der sensorischen Rückenmarksstränge denselben Effect hervorbringt[3]), wurde diese Hypothese genöthigt, fast über das ganze Cerebrospinalorgan die Verbreitung solcher Hemmungscentren auszudehnen. Wenn jede sensorische Erregung durch die Reizung eines beliebigen andern sensorischen Elementes gehemmt werden kann, so erhält, wie GOLTZ[4]) mit Recht bemerkte, das Gebiet der Hemmung eine ebenso weite Ausdehnung wie das der sensorischen Erregung, und die Annahme specifischer Hemmungscentren ist hierdurch von selbst beseitigt. So lag es denn nahe, die Deutung der Hemmungserscheinungen an die bekannte Erfahrung anzuknüpfen, dass ein heftiger Schmerz gemildert wird, wenn eine andere Körperstelle ebenfalls von einem schmerzhaften Eindruck getroffen wird. HERZEN und SCHIFF glaubten diese Wechselwirkung verschiedener sensibler Erregungen als eine Ermüdungserscheinung auffassen zu dürfen, während sie dagegen

---

1) A. a. O. S. 56 f.

2) SETSCHENOW, Physiol. Studien über die Hemmungsmechanismen für die Reflexthätigkeit des Rückenmarks. Berlin 1863. SETSCHENOW und PASCHUTIN, Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches. Berlin 1865.

3) HERZEN, Sur les centres modérateurs de l'action reflexe. Turin 1864, p. 32. SETSCHENOW, Ueber die elektrische und chemische Reizung der sensibeln Rückenmarksnerven. Graz 1868, S. 40.

4) GOLTZ, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869, S. 44, 50. Dass auch durch andere als die von SETSCHENOW bezeichneten Hirntheile Reflexe gehemmt werden können, zeigte GOLTZ durch seinen Quakversuch: bei Fröschen, deren Großhirnlappen entfernt sind, löst leise Berührung der Rückenhaut fast mit mechanischer Sicherheit das Quaken aus, dieser Erfolg fehlt dagegen sehr häufig bei unverstümmelten Thieren. Hiernach scheinen also auch die Großhirnlappen hemmend auf die Reflexe wirken zu können. (GOLTZ a. a. O. S. 41.) Nach Versuchen von LANGENDORFF (Archiv f. Physiol. 1877, S. 133) und von BÖTTICHER (Ueber Reflexhemmung, Sammlung physiol. Abhandl. II. Reihe, Heft III) tritt übrigens derselbe Effect in Folge der Blendung der Thiere ein; möglicherweise ist daher bei der Wegnahme der Großhirnlappen die gleichzeitige Trennung der Sehnerven von Einfluss.

die Verstärkung der Reflexe nach dem Wegfall des Gehirns als eine Folge der Einengung der Erregung auf ein beschränkteres Centralgebiet betrachteten[1]). Aber mit dieser Erklärung treten zahlreiche Erscheinungen in Widerspruch. So findet man die Hemmungen um so stärker, je leistungsfähiger die Thiere sind, und umgekehrt werden sie durch die Ermüdung immer mehr herabgesetzt, so dass eine Erregung, die anfänglich einen Reflex hemmte, später, nach eingetretener Ermüdung, denselben verstärken kann[2]). Ferner wirkt die Entfernung des Gehirns nur bei dem Kaltblüter sofort verstärkend auf die Reflexe, bei Hunden dagegen hat jede Trennung des Centralorgans zunächst einen hemmenden Effect, der erst nach längerer Zeit verschwindet; es liegt nahe, diese Hemmung auf eine durch die Läsion gesetzte Reizung zu beziehen, welche erst nach eingetretener Heilung die reinen Folgen der Continuitätstrennung hervortreten lässt[3]).

Obgleich nun aber jede mögliche Empfindungsreizung, mag sie andere sensible Nerven oder sensible Centraltheile treffen, eine im Ablauf befindliche Reflexerregung hemmen kann, so tritt dies keineswegs unter allen Umständen ein, sondern es kann auch die hinzutretende Reizung umgekehrt den Reflex verstärken, ähnlich, wie dies dann immer geschieht, wenn etwa in einer motorischen Faser oder auch in einem motorischen Centralgebiet zwei Erregungen zusammentreffen. Bezeichnen wir ganz allgemein das Zusammentreffen zweier Reizungen im selben Centralgebiet als eine Interferenz der Reizungen, so ist das Ergebniss einer solchen Interferenz sensorischer Reizungen abhängig: 1) von dem Stadium, in welchem sich die eine Erregung befindet, wenn die andere beginnt: ist die durch die erstere ausgelöste Muskelzuckung noch im Ablauf begriffen oder eben erst abgelaufen, so findet in der Regel Verstärkung der Reizungen statt; hat dagegen die eine Reizung längere Zeit schon bestanden, so wird die nun hinzutretende zweite leichter gehemmt; 2) von der Stärke der Reize: starke Interferenzreize hemmen eine bestimmte Reflexerregung leichter als schwache, ja zuweilen wirken starke Reize auf die nämliche Erregung hemmend, welche durch schwache verstärkt wird; 3) von dem räumlichen Verhältniss der gereizten Nervenfasern: solche sensible Fasern, die in gleicher Höhe und auf derselben Seite des Rückenmarks eintreten, also ursprünglich einem und demselben Nervenstamm angehören, bewirken eine weit schwächere Hemmung, beziehentlich leichter eine verstärkte Erregung, als solche, die auf verschiedenen Seiten oder in verschiedener Höhe eintreten. Endlich ist noch 4) der Zustand des Centralorgans von wesentlichem Einflusse: je mehr die normale Leistungs-

1) Herzen a. a. O. p. 65.
2 Untersuchungen zur Mechanik der Nerven, II, S. 87.
3 Goltz, Pflüger's Archiv XX, S. 3. Vgl. auch Freusberg, ebend. IX, S. 358 ff.

fähigkeit erhalten blieb, um so sicherer darf man unter sonst geeigneten Bedingungen Hemmung der Reflexe erwarten; je mehr Kälte, Strychnin und andere reflexsteigernde Gifte oder auch eine Kräfteabnahme des Nervensystems durch Ermüdung, mangelhafte Ernährung u. dergl. sich geltend machen, um so mehr tritt statt der Hemmung die wechselseitige Verstärkung der Reizungen hervor. Zunächst macht diese Abnahme der Hemmung sich darin geltend, dass es länger anhaltender und stärkerer Reize bedarf, um sie hervorzubringen; auch verschwindet sie immer zuerst für die Reizung der zur selben Wurzel gehörenden Nervenfasern: im Zustand äußerster Leistungsunfähigkeit oder erhöhter Kälte- und Strychninwirkung sind aber überhaupt gar keine Hemmungssymptome mehr zu beobachten [1]).

Man könnte versucht sein, sich die hemmenden Wirkungen als eine der Interferenz der Licht- und Schallschwingungen analoge Interferenz oscillatorischer Reizbewegungen vorzustellen, bei der sich die zusammentreffenden Reizwellen ganz oder theilweise auslöschten [2]). Aber diese Annahme, die zudem über das einfache Auslöschen der Erregung, wie es z. B. in den vorderen Ganglienzellen des Rückenmarks bei Reizung der aus ihnen entspringenden motorischen Fasern stattfindet, gar keine Rechenschaft geben würde, findet in den über den Verlauf der Erregung bekannten Thatsachen keine Stütze. Dagegen weisen die wechselnden Erfolge der Reizinterferenz offenbar darauf hin, dass auch bei der Reizung centraler Elemente gleichzeitig erregende und hemmende Wirkungen ausgelöst werden. Zugleich ist es deutlich, dass hier die Hemmungserscheinungen weit ausgeprägter sind als in der peripherischen Nervenfaser. Die besonderen Bedingungen, unter denen jene beiderlei Wirkungen der centralen Reizung zur Erscheinung kommen, machen es wahrscheinlich, dass insbesondere dann der äußere Effect der Hemmung entsteht, wenn die Reize so geleitet werden, dass sie in einem und demselben sensorischen Centralgebiet zusammentreffen, wogegen Summation der Reizungen, wie es scheint, immer dann stattfindet, wenn von verschiedenen sensorischen Centralgebieten, welche gleichzeitig gereizt werden, die Erregung auf die nämlichen motorischen Elemente übergeht. Im allgemeinen

1) Untersuchungen etc. II, S. 84 ff., S. 106 ff. Dagegen scheint das Morphium in einem gewissen Stadium seiner Wirkung die centralen Hemmungen zu verstärken. Denn Heidenhain und Bubnoff fanden, dass die durch Reizung der motorischen Rindenfelder entstandenen Contractionen bei Thieren durch tactile Hautreize im gewöhnlichen Zustande verstärkt, in der Morphiumnarcose aber gehemmt werden. (Pflüger's Archiv XXVI, S. 137 ff.)

2) Auf diesen Gedanken hat E. Cyon eine Theorie der centralen Hemmungen gegründet. (Bulletin de l'acad. de St. Pétersbourg, VII, Dec. 1870.) Auch die thatsächlichen Grundlagen derselben, die sich auf die Gefäßinnervation beziehen, hat übrigens Heidenhain angefochten. (Pflüger's Archiv f. Physiologie IV, S. 551.)

werden diese beiden Effecte bei jeder gleichzeitigen Reizung verschiedener sensibler Elemente neben einander stattfinden können, und es wird von den speciellen Bedingungen abhängen, welcher von ihnen die überwiegende Stärke besitzt.

5. Theorie der centralen Innervation.

Da die Erscheinungen der centralen Innervation auf ähnliche einander entgegengesetzte Molecularwirkungen hinweisen, wie sie uns beim Erregungsvorgang in der Nervenfaser begegnet sind, so werden wir von den dort entwickelten allgemeinen Anschauungen auch hier ausgehen können. Wir setzen demnach zunächst für die centrale Substanz einen ähnlichen stationären Zustand voraus, wie er für den Nerven angenommen wurde, einen Zustand also, bei dem die Leistungen positiver und negativer Moleculararbeit im Gleichgewicht stehen. Durch den zugeführten Reiz werden nun wieder beide Arbeitsmengen vergrößert werden. Aber alles deutet darauf hin, dass hier zuerst die Vergrößerung der negativen Moleculararbeit bedeutend überwiegt, daher ein momentaner Reizanstoß in der Regel gar keine Erregung auslöst. Wiederholen sich jedoch die Reize, so wird bei den folgenden allmählich die negative im Verhältniss zur positiven Moleculararbeit verringert, bis endlich die letztere so weit angewachsen ist, dass Erregung entsteht.

Wir können uns demnach vorstellen, dass in einer gereizten Ganglienzelle regelmäßig ein analoger Vorgang statthat, wie er sich im Nerven bei der Schließung des constanten Stromes an der Anode entwickelt. Unter der Wirkung des Reizes geschehen solche Vorgänge, die in der Ueberführung festerer in losere Verbindungen, also in der Anhäufung vorräthiger Arbeit bestehen, in gesteigertem Maße. Aber während bei der Wirkung des Stromes auf den Nerven die elektrolytische Action wahrscheinlich solche Zersetzungen einleitet, die normaler Weise im Nerven nicht stattfinden, müssen wir wohl annehmen, dass die Reizung der Ganglienzelle nur die ohnehin vorzugsweise auf Bildung complexer chemischer Molecüle, also auf Ansammlung vorräthiger Arbeit gerichtete Wirksamkeit steigert. Es führt uns dies auf einen wesentlichen Unterschied der Nervenfasern von der centralen Substanz, auf den auch andere physiologische Erwägungen hinweisen. Die Ganglienzellen sind die eigentlichen Werkstätten jener Stoffe, welche die Nervenmasse zusammensetzen. In den Nervenfasern werden diese Stoffe in Folge der physiologischen Function zum größten Theile verbraucht, aber sie können in ihnen, wenn wir von jener ungenügenden und theilweisen Restitution absehen, wie sie bei jeder Reizung

die Zersetzung begleitet, offenbar nicht gebildet werden. Denn getrennt von ihren Ursprungszellen verlieren die Fasern ihre nervösen Bestandtheile, und die Wiedererneuerung der letzteren muss von den Centralpunkten ausgehen [1]). Auch im Zustand der Functionsruhe besteht demnach in der Ganglienzelle kein völliges Gleichgewicht des Stoff- und Kräftewechsels. Aber die Abweichung findet hier im entgegengesetzten Sinne statt als in der Nervenfaser. In der letzteren prävalirt die Bildung definitiver Verbrennungsproducte, bei welcher positive Arbeit geleistet wird; in der Zelle hat die Erzeugung complexer Verbindungen, in denen sich vorräthige Arbeit ansammelt, das Uebergewicht. So wahr es ist, dass im Thierkörper im ganzen die positive Arbeitsleistung, also die Verbrennung der complexen organischen Verbindungen die Oberhand hat, so ist es doch eine durchaus falsche Auffassung, wenn man diese Art des Stoff- und Kräftewechsels als die ausschließliche ansieht. Vielmehr finden nebenbei immer noch Reductionen, Auflösungen festerer in losere Verbindungen statt, wobei Arbeitsvorrath angesammelt wird. Gerade das Nervensystem ist eine wichtige Stätte solcher Anhäufung vorräthiger Arbeit. In die Bildung der Nervensubstanz gehen Verbindungen ein, welche theilweise zusammengesetzter sind als die Nahrungsstoffe, aus denen sie herstammen, und einen hohen Verbrennungswerth besitzen, in denen also eine große Menge vorräthiger Arbeit aufgespeichert ist [2]). Die Ganglienzellen, die Bildnerinnen dieser Verbindungen, gleichen in gewissem Sinne den Pflanzenzellen. Auch sie sammeln vorräthige Arbeit an, welche, nachdem sie beliebig lange latent geblieben, wieder in wirkliche Arbeit übergeführt werden kann. So sind die Ganglienzellen die Vorrathsstätten für künftige Leistungen. Die Hauptverbrauchsorte der von ihnen aufgespeicherten Arbeit aber sind die peripherischen Nerven und ihre Endorgane. Aus diesen Erwägungen ergibt sich der Schluss, dass der Zusammenhang der centralen Substanz mit den aus ihr entspringenden Nervenfasern nicht bloß in der Uebertragung jener Molecularbewegungen, die wir Erregungsvorgänge nennen, besteht, sondern dass außerdem eine fortwährende Stoffwanderung in der Richtung von den Ganglienzellen zu den Nervenfasern stattfindet, durch welche diesen von neuem Stoffe zugeführt werden, in denen vorräthige Arbeit angesammelt ist. Hierauf beruht offenbar der nutritive Einfluss, den überall die centrale Substanz auf die mit ihr zusammenhängenden Nervenfasern und durch sie wieder auf die von ihnen versorgten Organe ausübt. Neben dieser, allen Nervencentren und Nervenfasern zukommenden und mit der allgemeinen Mechanik der centralen Innervation eng zusammenhängenden Ernährungsfunction eine besondere Gattung

1) Vgl. S. 96 f.
2) Vgl. S. 40 ff.

nutritiver Nerven anzunehmen, erscheint demnach durch nichts gerechtfertigt. Nothwendig müssen die Bedingungen, unter denen diese Stoffwanderung steht, wieder auf die Verhältnisse der Reizbarkeit und den Verlauf der Erregungen zurückwirken. Hat z. B. in einem centralen Gebiet in Folge lang dauernder Ruhe eine große Ansammlung vorräthiger Arbeit stattgefunden, so werden im allgemeinen in diesem Gebiet selbst und in den damit in Verbindung stehenden Nervenfasern intensivere und dauerndere Arbeitsleistungen sensorischer oder motorischer Art stattfinden können. Ebenso ist es nicht unwahrscheinlich, dass sich vermöge jener Stoffwanderungen neurodynamische Wechselwirkungen zwischen benachbarten Centraltheilen entwickeln können, in Folge deren die an einem bestimmten Punkte stattfindenden Arbeitsleistungen durch die Zufuhr vorräthiger Arbeit von benachbarten Punkten aus gesteigert werden[1]).

Das verschiedene Verhalten der Nervenzellen gegen Reize, welche ihnen zugeleitet werden, weist uns ferner darauf hin, dass es in jeder Zelle zweierlei Gebiete gibt, deren eines sich in seiner Erregbarkeit der peripherischen Nervensubstanz verwandter zeigt, während das andere davon in höherem Grade abweicht. Wir wollen jenes die peripherische, dieses die centrale Region der Ganglienzelle nennen. Die centrale Region ist, so nehmen wir an, vorzugsweise die Werkstätte jener complexen Verbindungen, welche die Nervensubstanz bilden, und damit der Ansammlungsort vorräthiger Arbeit. Eine ihr zugeführte Reizbewegung beschleunigt nur die Molecularvorgänge in der ihnen einmal angewiesenen Richtung und verschwindet daher ohne äußeren Effect. Anders in der peripherischen Region. Sie nimmt zwar auch noch Theil an der Verwandlung wirklicher in vorräthige Arbeit; aber außerdem findet sich in ihr bereits ein intensiverer Stoffverbrauch mit Arbeitserzeugung, wobei ein Theil des Verbrauchsmaterials ihr von der centralen Region aus zufließt. Wird sie von einem Reize getroffen, so wird zunächst auch hier die negative Moleculararbeit in höherem Grade als die positive gesteigert. Doch während die erstere bald wieder auf ihre gewöhnliche Größe herabsinkt, dauert die letztere länger an; sie kann daher entweder nach einem größeren Zeitraume der Latenz oder wenigstens falls neue Reizanstöße hinzutreten Erregung hervorbringen. Auch hier wird übrigens, wie beim Nerven, immer nur ein Theil der positiven Moleculararbeit in Erregungsarbeit und wiederum nur ein Theil der letzteren in äußere Erregungseffecte übergehen; ein anderer Theil wird wieder in negative zurückkehren, die Erregungsarbeit kann ganz oder theilweise in andere Formen von Molecularbewegung

1) Vgl. hierzu die Erörterungen über die abnorme Steigerung der Erregbarkeit in der Großhirnrinde, die gewissen Bewusstseinsstörungen (Traum, Hypnose) muthmaßlich zu Grunde liegen, in Abschn. IV, Cap. XIX.

verwandelt werden. Ferner wird, sobald einmal Erregung entstanden ist, die angehäufte Erregungsarbeit verhältnissmäßig rasch aufgebraucht, analog einer explosiven Zersetzung. Entsprechend der stärkeren Hemmung hat sich jedoch eine größere Summe von Erregungsarbeit anhäufen können und ist demgemäß auch der auftretende Reizeffect ein stärkerer als bei der Reizung des Nerven. Die reizbare Region der Ganglienzelle und die peripherische Nervensubstanz verhalten sich in dieser Beziehung etwa ähnlich wie ein Dampfkessel mit schwer beweglichem und ein solcher mit leicht beweglichem Ventile. Dort muss die Spannkraft der Dämpfe zu einer bedeutenderen Größe anwachsen, bis das Ventil bewegt wird, der Dampf entströmt dann aber auch mit größerer Kraft. Wahrscheinlich zeigt übrigens die peripherische Region der Ganglienzelle in verschiedenen Fällen ein verschiedenes Verhalten, indem sie bald mehr bald weniger der peripherischen Nervensubstanz sich annähert. So werden z. B. die durch die Ganglienzellen der Hinterhörner nach oben geleiteten sensibeln Erregungen sichtlich weniger verändert als die außerdem durch die Ganglienzellen der Vorderhörner vermittelten Reflexerregungen. Es mag sein, dass diese Unterschiede durch die Zahl centraler Zellen, welche die Reizung durchlaufen muss, bedingt sind. Es ist aber auch denkbar, dass zwischen denjenigen Gebieten der Ganglienzelle, welche wir centrale und peripherische Region genannt haben, ein allmählicher Uebergang stattfindet, und dass gewisse Fasern in mittleren Regionen endigen, in welchen zwar die Hemmung keine vollständige, aber doch die Fortpflanzung der Reizung erschwert ist.

Jene eigenthümliche Steigerung der Reflexreizbarkeit, welche durch wiederholte Reize oder durch Giftwirkungen herbeigeführt wird, lässt sich nun so deuten, dass in Folge dieser Einflüsse die einmal ausgelöste positive Moleculararbeit nicht mehr oder unvollständiger als gewöhnlich wieder in negative zurückverwandelt werden kann. In Folge dessen häuft sie so lange sich an, bis Erregung entsteht. Die genannten Einwirkungen hindern also die Restitution der Gangliensubstanz, und sie machen es dadurch verhältnissmäßig schwachen äußeren Anstößen möglich eine rasch um sich greifende Zersetzung herbeizuführen, in Folge deren die vorräthigen Kräfte in kurzer Zeit erschöpft werden.

Die Erscheinungen der wechselseitigen Hemmung solcher Erregungen, die von verschiedenen Seiten her den nämlichen Ganglienzellen zugeführt werden, sowie die Thatsache, dass durch gewisse Zellen die Reizung nur in einer Richtung sich fortpflanzt, in der entgegengesetzten aber gehemmt wird, machen endlich noch folgende Annahmen nöthig. Reizungen, welche die centrale Region einer Ganglienzelle ergreifen, führen eine Fortpflanzung der hier stattfindenden

Molecularvorgänge auf die peripherische Region herbei; ebenso bedingen Reizungen, welche die peripherische Region treffen, eine Ausbreitung der hier ausgelösten Form der Molecularbewegung über die centrale Region. Die innere Wahrscheinlichkeit dieses Satzes erhellt aus der bekannten Thatsache, dass alle chemischen Vorgänge, bei denen der Gleichgewichtszustand complexer Molecüle einmal gestört worden ist, eine Tendenz zu ihrer Ausbreitung in sich tragen. Die Explosion der kleinsten Menge von Chlorstickstoff genügt, um viele Pfunde dieser Substanz zu zersetzen, und ein einziger glühender Span kann das Holz eines ganzen Waldes verbrennen. Im vorliegenden Fall könnte nur darin eine Schwierigkeit zu liegen scheinen, dass jedesmal je nach der Richtung entgegengesetzte Molecularvorgänge über eine und dieselbe Masse sich ausbreiten. Aber wir müssen erwägen, dass diese Vorgänge in jeder Region der Zelle fortwährend neben einander bestehen, und dass, wie schon der fortwährende Austausch der Stoffe verlangt, zwischen beiden Regionen ein continuirlicher und allmählicher Uebergang stattfindet. Es mag hier wieder an das Beispiel des durch den constanten Strom veränderten Nerven erinnert werden. Im Bereich der Anode überwiegen hemmende, im Bereich der Kathode erregende Molecularprocesse. Aber durch Prüfungsreize von verschiedener Stärke lässt sich nachweisen, dass an der Anode nicht nur die Hemmung sondern auch die Erregung gesteigert ist, und anderseits pflanzt sich der hemmende Vorgang bei wachsender Stromstärke bis zur Kathode und noch über dieselbe hinaus fort. (Vgl. S. 259 f.)

Aehnlich nun werden sich in der Ganglienzelle die Molecularvorgänge ausbreiten. Wird also durch einen der centralen Region zugeführten Reiz hier verstärkte negative Moleculararbeit ausgelöst, so ergreift dieser Vorgang auch die peripherische Region; umgekehrt, wenn in dieser durch den Reiz die positive Moleculararbeit so anwächst, dass Erregung entsteht, so zieht die letztere die centrale Region in Mitleidenschaft. So können wir uns z. B. das Verhalten der Ganglienzellen in den Hinter- und Vorderhörnern des Rückenmarks zu den ein- und austretenden Fasern durch die Fig. 82 veranschaulichen. M soll eine Zelle des Vorderhorns, S eine solche des Hinterhorns bedeuten, c und c' seien die centralen, p und p' die peripherischen Regionen derselben. In der Vorderhälfte des Marks kann die Reizung nur von m' nach m, innerhalb der hinteren Hälfte nur von s nach s'

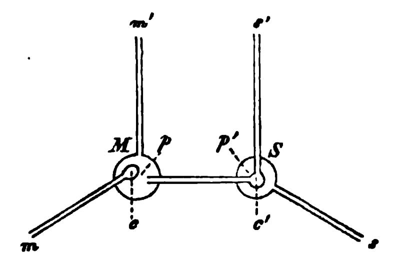


Fig. 82.

sich fortpflanzen, der von *m* oder *s'* ausgehende Reiz dagegen wird in *c*, *c'* gehemmt. Eine Uebertragung der Reizung zwischen *S* und *M* aber kann nur in der Richtung von *S* nach *M* stattfinden, nicht umgekehrt, weil der bei *m* einwirkende Reiz in *c* erlischt; der bei *m'* einwirkende kann zwar bis *c'* geleitet werden, muss aber hier ein Ende finden. Endlich muss die von *s* ausgehende Reflexerregung durch eine bei *s'* einwirkende Reizung gehemmt werden, weil die in *c'* entstehende Molecularbewegung der Hemmung auf die peripherische Region sich auszubreiten strebt, wodurch die hier beginnende Erregung ganz oder theilweise aufgehoben wird. Die morphologischen Thatsachen machen es unzweifelhaft, dass das hier als centrale Region bezeichnete Gebiet der Ganglienzelle mit dem Ursprungsgebiet der Axenfaser zusammenfällt, während die peripherische Region der Ursprungsmasse der Protoplasmafortsätze entspricht, also theils der wirklichen Peripherie der Ganglienzelle angehört, theils aber auch noch in die centrale Punktsubstanz hineinreicht[1]).

Die Reizerfolge peripherischer Ganglien, wie des Herzens, der Blutgefäße, des Darmes, ordnen sich ungezwungen diesen Gesichtspunkten unter. Ob die Reizung der zu solchen Ganglien tretenden Nerven Erregung oder Hemmung zur Folge hat, wird ebenfalls von ihrer Verbindungsweise mit den Ganglienzellen abhängen. Die Hemmungsfasern des Herzens werden also z. B. in der centralen, die Beschleunigungsfasern in der peripherischen Region der Ganglienzellen dieses Organs endigen; verschiedene Apparate für beide Vorgänge anzunehmen, ist nicht erforderlich. Modificirt wird der Erfolg der Reizung nur dadurch, dass jene Ganglien sich gleichzeitig in einer fortwährenden automatischen Reizung befinden, so dass die von außen herzutretenden Nerven nur regulatorisch auf die Bewegungen wirken. Uebrigens zeigen auch hier die Ganglienzellen die Eigenschaft der Ansammlung und Summation der Reize. Starke Erregung der Hemmungsnerven des Herzens verursacht zwar nach sehr kurzer Zeit Herzstillstand, bei etwas schwächeren Reizungen tritt aber dieser erst nach mehreren Herzschlägen ein. Noch deutlicher ist dieselbe Erscheinung bei den Beschleunigungsnerven, wo regelmäßig mehrere Secunden nach Beginn der Reizung verfließen, bis eine Beschleunigung eintritt. Anderseits wirkt aber auch der Reiz, nachdem er aufgehört hat, immer noch längere Zeit nach, indem das Herz erst allmählich zu seiner früheren Schlagfolge zurückkehrt.

In diesen peripherischen Centraltheilen sind die Verhältnisse offenbar

1) Vgl. oben Cap. II S. 36 ff. Ich darf wohl hier darauf hinweisen, dass die obige Theorie der centralen Leitungsrichtungen auf Grund rein physiologischer Thatsachen gewonnen worden ist, lange bevor sie durch die a. a. O. erwähnten mikroskopischen Entdeckungen so auffallende Bestätigungen empfangen hat.

noch viel einfacher, theils weil die Ganglienzellen weniger verwickelte Verbindungen mit einander eingehen, theils weil in Folge der einfacheren Structurbedingungen eine gewisse Veränderlichkeit der functionellen Eigenschaften hinwegfällt, die beim Gehirn und Rückenmark zu erkennen ist. In diesen Centralorganen können nämlich, wie die Erscheinungen der stellvertretenden Function und der Uebung zeigen, die Leitungsbedingungen unter Umständen außerordentlich wechseln. Wenn in gewissen Theilen des Centralorgans die Hauptbahn unterbrochen wird, so kann irgend ein anderer, bisher untergeordneter Leitungsweg zur Hauptbahn sich ausbilden[1]. Ebenso lehren die Einflüsse der Uebung, dass combinirte Bewegungen, deren erste Ausführung schwierig und nur unter steter Controle des Willens möglich war, allmählich immer leichter und zuletzt vollkommen unwillkürlich ausgeführt werden. In allen diesen Fällen handelt es sich aber um Leitungen, welche zum Theil auch durch Ganglienzellen, die in den Verlauf von Nervenfasern eingeschoben sind, vermittelt werden. Es beweisen demnach die in Rede stehenden Erscheinungen, d a s s, w e n n e i n E r r e g u n g s v o r g a n g d u r c h e i n e G a n g l i e n z e l l e i n b e s t i m m t e r R i c h t u n g h ä u f i g g e l e i t e t w i r d, h i e r d u r c h d i e s e R i c h t u n g a u c h b e i k ü n f t i g e n R e i z u n g e n, w e l c h e d i e n ä m l i c h e Z e l l e t r e f f e n, v o r z u g s w e i s e z u r L e i t u n g d i s p o n i r t w i r d. In die Ausdrücke der oben entwickelten Hypothese übersetzt würde dies bedeuten, dass die oft wiederholte Leitung in einer bestimmten Richtung auf dem der letzteren entsprechenden Weg mehr und mehr der centralen Substanz die der peripherischen Region eigenthümliche Beschaffenheit verleiht. Eine derartige Umwandlung steht nun in der That durchaus im Einklang mit den allgemeinen Gesetzen der Reizung. Schon im peripherischen Nerven nehmen, wenn ein Reiz wiederholt denselben trifft, die hemmenden Kräfte immer mehr ab: zunächst, so lange die Leistungsfähigkeit nicht erschöpft wird, steigt daher die Reizbarkeit bei oft wiederholter Reizung. Die letztere führt also allgemein eine Veränderung der Nervensubstanz mit sich, wobei diese die Eigenschaft einbüßt, die mit der Restitution der inneren Kräfte verbundene hemmende Wirkung auszuüben. Hierin findet das P r i n c i p d e r U e b u n g seine nähere Erläuterung. Da aber dieses zugleich die zwei für die centralen Functionen wichtigsten Principien, das Gesetz der Localisation und das der Stellvertretung, in sich schließt, so bilden die hier erörterten mechanischen Eigenschaften der Nervensubstanz die Grundlage für unsere Erkenntniss aller einzelnen Leistungen und Erscheinungen der Centralorgane.

Unsere Betrachtung hat begonnen mit der Thatsache, dass die psychi-

---

1) Vgl. S. 103, 218 f.

schen Lebensäußerungen seit der frühesten Differenzirung der Functionen an die physiologischen Leistungen des Nervensystems gebunden sind. Die Mechanik der Nervenelemente hat uns nun die allgemeine Erklärung dieses Satzes geliefert. In der centralen Substanz sammelt der Thierkörper vorzugsweise vorräthige Arbeit, die zu künftiger Verwendung bereit liegt. Der Reichthum dieses Vorraths und die Form seiner Ansammlung werden bestimmt theils durch die ursprüngliche Bildung des Nervensystems, die Erbschaft früherer Geschlechter, theils durch die Einwirkungsart der von außen auf dasselbe einströmenden Sinnesreize. Die letzteren können ebenfalls entweder in den Centraltheilen latent werden, indem sie lediglich innere Vorgänge auslösen, oder sie können unmittelbar in äußere Arbeit, in Erregung der Nerven und Muskeln sich umsetzen, Vorgänge, die ihrerseits wieder gleich den Sinnesreizen nach innen zurückwirken. So steht jene Centralstätte der physiologischen Leistungen unter fortwährenden äußeren Einflüssen. Die zwei Grundeigenschaften des Nervensystems aber, äußere Eindrücke aufzunehmen, um in seiner eigenen inneren Anlage durch dieselben mitbestimmt zu werden, und aufgesammelten Arbeitsvorrath unter dem unmittelbaren oder dem fortwirkenden Einfluss äußerer Reize in Bewegungen umzusetzen: diese zwei Eigenschaften sind es, auf welche die beiden psychologischen Grundfunctionen, die Sinnesvorstellung und die Willenshandlung, zurückweisen.

Zweiter Abschnitt.

Von den Empfindungen.

Siebentes Capitel.

Entstehung und allgemeine Eigenschaften der Empfindungen.

1. Begriff der Empfindung.

Als Empfindungen sollen in der folgenden Darstellung diejenigen Bestandtheile unserer Vorstellungen bezeichnet werden, welche sich nicht in einfachere Elemente zerlegen lassen. Die mehr oder weniger zusammengesetzten Gebilde, zu denen sich stets die Empfindungen verbinden, belegen wir mit dem Namen der Vorstellungen, insofern sie auf Gegenstände außerhalb unseres Bewusstseins bezogen werden.

Der in diesem Sinne festgestellte Begriff der Empfindung ist lediglich aus den Bedürfnissen der psychologischen Analyse hervorgegangen. Isolirt ist uns die einfache Empfindung niemals gegeben, sondern sie ist das Resultat einer Abstraction, zu der wir unmittelbar durch die zusammengesetzte Natur unserer Vorstellungen genöthigt werden. Aehnlich wie die Chemie die Untersuchung der chemischen Elemente der Betrachtung ihrer Verbindungen voranstellt, so muss die Psychologie die Kenntniss der Empfindungen bei der Analyse der Vorstellungsbildung voraussetzen. Ein gewisser Unterschied zwischen beiden Fällen besteht jedoch darin, dass die meisten chemischen Elemente isolirt dargestellt werden können, während uns die elementaren Empfindungen durchaus nur aus den Verbindungen, die sie miteinander eingehen, bekannt sind. Aus diesem Grunde ist die Frage, welche Elemente der inneren Wahrnehmung wirklich als unzerlegbare anzusehen seien, einigermaßen dem Streite ausgesetzt.

Jede Empfindung hat gewisse Eigenschaften, in denen der Grund

schen Lebensäußerungen seit der frühesten Differenzirung der Functionen an die physiologischen Leistungen des Nervensystems gebunden sind. Die Mechanik der Nervenelemente hat uns nun die allgemeine Erklärung dieses Satzes geliefert. In der centralen Substanz sammelt der Thierkörper vorzugsweise vorräthige Arbeit, die zu künftiger Verwendung bereit liegt. Der Reichthum dieses Vorraths und die Form seiner Ansammlung werden bestimmt theils durch die ursprüngliche Bildung des Nervensystems, die Erbschaft früherer Geschlechter, theils durch die Einwirkungsart der von außen auf dasselbe einströmenden Sinnesreize. Die letzteren können ebenfalls entweder in den Centraltheilen latent werden, indem sie lediglich innere Vorgänge auslösen, oder sie können unmittelbar in äußere Arbeit, in Erregung der Nerven und Muskeln sich umsetzen, Vorgänge, die ihrerseits wieder gleich den Sinnesreizen nach innen zurückwirken. So steht jene Centralstätte der physiologischen Leistungen unter fortwährenden äußeren Einflüssen. Die zwei Grundeigenschaften des Nervensystems aber, äußere Eindrücke aufzunehmen, um in seiner eigenen inneren Anlage durch dieselben mitbestimmt zu werden, und aufgesammelten Arbeitsvorrath unter dem unmittelbaren oder dem fortwirkenden Einfluss äußerer Reize in Bewegungen umzusetzen: diese zwei Eigenschaften sind es, auf welche die beiden psychologischen Grundfunctionen, die Sinnesvorstellung und die Willenshandlung, zurückweisen.

Zweiter Abschnitt.

Von den Empfindungen.

Siebentes Capitel.

Entstehung und allgemeine Eigenschaften der Empfindungen.

1. Begriff der Empfindung.

Als Empfindungen sollen in der folgenden Darstellung diejenigen Bestandtheile unserer Vorstellungen bezeichnet werden, welche sich nicht in einfachere Elemente zerlegen lassen. Die mehr oder weniger zusammengesetzten Gebilde, zu denen sich stets die Empfindungen verbinden, belegen wir mit dem Namen der Vorstellungen, insofern sie auf Gegenstände außerhalb unseres Bewusstseins bezogen werden.

Der in diesem Sinne festgestellte Begriff der Empfindung ist lediglich aus den Bedürfnissen der psychologischen Analyse hervorgegangen. Isolirt ist uns die einfache Empfindung niemals gegeben, sondern sie ist das Resultat einer Abstraction, zu der wir unmittelbar durch die zusammengesetzte Natur unserer Vorstellungen genöthigt werden. Aehnlich wie die Chemie die Untersuchung der chemischen Elemente der Betrachtung ihrer Verbindungen voranstellt, so muss die Psychologie die Kenntniss der Empfindungen bei der Analyse der Vorstellungsbildung voraussetzen. Ein gewisser Unterschied zwischen beiden Fällen besteht jedoch darin, dass die meisten chemischen Elemente isolirt dargestellt werden können, während uns die elementaren Empfindungen durchaus nur aus den Verbindungen, die sie miteinander eingehen, bekannt sind. Aus diesem Grunde ist die Frage, welche Elemente der inneren Wahrnehmung wirklich als unzerlegbare anzusehen seien, einigermaßen dem Streite ausgesetzt.

Jede Empfindung hat gewisse Eigenschaften, in denen der Grund

denen Graden, die Hunger- und Durstempfindungen. Sie bilden einen wesentlichen Bestandtheil des Gemeingefühls. Mit diesen peripherisch localisirten Empfindungen aus centraler Reizung pflegen sich solche, die aus der Erregung der Organe selbst entspringen, in untrennbarer Weise zu verbinden. Als die *zweite* Gruppe centraler Empfindungen sind diejenigen zu unterscheiden, welche in der unmittelbaren Reizung solcher centraler Sinnesflächen ihre Ursache haben, die den peripherischen Gebieten der äußeren Sinnesorgane zugeordnet sind. Hierher gehören die in die Erinnerungsbilder eingehenden elementaren Empfindungen, die in der Regel durch ihre geringe Intensität sich auszeichnen, zuweilen aber, bei abnorm gesteigerter Reizbarkeit der Sinnescentren, den durch äußere Reize bedingten Empfindungen gleichkommen können.

Nach ihren physischen Ausgangspunkten können demnach alle Empfindungen folgendermaßen classificirt werden:

Empfindungen aus peripherischer Reizung		Empfindungen aus centraler Reizung	
Peripherische Sinnesempfindungen	Organempfindungen	Centrale Gemeinempfindungen	Centrale Sinnesempfindungen
	Gemeinempfindungen		

Die äußern Vorgänge, welche als Reize auf unsere Sinnesorgane einwirkend die *Sinnesempfindung* hervorrufen, sind *Bewegungen*. Doch besitzen nur bestimmte Bewegungsvorgänge die Eigenschaft der Sinnesreize, und unter diesen gibt es einzelne, die bloß auf bestimmte Sinnesorgane erregend wirken können. Man unterscheidet daher *allgemeine* und *besondere* Sinnesreize. Wie es scheint können vier Arten von Bewegung unter geeigneten Umständen von mehreren Sinnesorganen aus Empfindung hervorbringen: 1) mechanischer Druck oder Stoß, 2) Elektricitätsbewegungen, 3) Wärmeschwankungen und 4) chemische Einwirkungen. Jeder dieser Vorgänge muss eine gewisse Intensität und Geschwindigkeit besitzen, wenn er zum Reize werden soll. Ihre erregende Eigenschaft verdanken aber die genannten Bewegungen höchst wahrscheinlich dem Umstande, dass sie direct in der Nervenfaser selbst den Reizungsvorgang auslösen; denn dieselben wirken nicht bloß auf die Sinnesorgane, sondern auch auf die Sinnesnerven sowie überhaupt auf alle, daher auch auf motorische, secretorische, Nerven als Reize. Hiervon unterscheiden sich die *besonderen* oder *specifischen* Sinnesreize dadurch, dass jeder derselben ein besonderes Sinnesorgan mit eigenthümlich ausgestatteten Endorganen zum Angriffspunkte hat. Vorzugsweise für zwei unter den fünf Sinnesorganen gibt es solche specifische Sinnesreize: für das Gehörorgan ist dies der Schall, für das Auge das Licht; die drei andern vermitteln

wir sehen, dass die Vorgänge der letzteren zu einem großen Theil gerade in den räumlichen und zeitlichen Verknüpfungen der Empfindungen bestehen. Hiernach betrachten wir Qualität, Intensität und Gefühlston als die einzigen Bestandtheile der reinen Empfindung. Die Frage aber, welche Beziehungen diese drei Bestandtheile zu einander darbieten, wird erst am Schlusse der speciellen Untersuchung der Empfindungen zu beantworten sein [1]).

2. Physische Bedingungen der Empfindung.

Die physischen Bedingungen der Empfindung bezeichnen wir als die Empfindungsreize. Sie sind entweder äußere Vorgänge, welche auf die der Außenwelt zugekehrten Sinnesorgane einwirken, oder Zustandsänderungen, welche im Organismus selbst entstehen. Man unterscheidet daher äußere und innere Empfindungsreize. Auch in den Sinnesorganen können sich innere Reize entwickeln, welche in den Structurbedingungen oder in Zustandsänderungen der Organe ihre Ursache haben. Aber solche innere Reize, wie sie z. B. in Auge und Ohr durch den Druck, welchem die empfindenden Flächen ausgesetzt sind, in der Haut durch die wechselnde Erfüllung mit Blut und die damit verbundene Temperaturänderung entstehen, sind hier meist von untergeordneter Bedeutung. Andere Organe dagegen sind ausschließlich inneren Reizen zugänglich. Hierher gehören im allgemeinen alle die Theile des Körpers, die durch ihre Lage directen äußeren Einwirkungen entzogen sind. Durchweg ist die Reizbarkeit dieser inneren Organe eine stumpfere, es entstehen in ihnen entweder überhaupt nur unter abnormen Verhältnissen, in Folge pathologischer Reize, deutliche Empfindungen, oder die im normalen Zustand der Organe vorhandenen sind so schwach, dass sie der Beobachtung um so leichter entgehen, als sie in ihrer Qualität und Intensität wenig verschieden sind. Wir fassen alle diese Empfindungen innerer Theile unter dem Namen der Gemeinempfindungen zusammen, weil von ihnen hauptsächlich das sinnlich bestimmte subjective Befinden oder das Gemeingefühl des Körpers abhängt.

Unter den Empfindungen aus innerer Reizung nehmen diejenigen, welche in den nervösen Centralorganen entstehen, eine wichtige Stelle ein. In diese Classe gehören sehr verschiedenartige Empfindungen, die wir im allgemeinen in zwei Gruppen sondern können. Die erste umfasst Empfindungen, die als Regulatoren gewisser vegetativer Verrichtungen dienen, wie die Empfindungen des Athmens in ihren verschie-

[1]) Ueber die geschichtliche Entwicklung der Begriffe Empfindung und Gefühl vgl. meine Bemerkungen über psychologische Terminologie in den Phil. Stud. VI, S. 335 ff.

wir jedoch im folgenden wegen der damit leicht sich verbindenden Vermengung der Empfindungen mit den Gefühlen vermeiden wollen. Die Tast- und Gemeinempfindungen zeichnen sich zwar durch die Intensität des an sie gebundenen sinnlichen Gefühls aus. Darum hat aber doch die psychologische Analyse hier ebenso gut wie bei allen anderen Sinnesgebieten diese verschiedenen Elemente von einander zu sondern.

An den Sinnesreizen unterscheiden wir, wie an jedem Bewegungsvorgang, Form und Stärke der Bewegungen. Von der Form der Bewegung ist die Qualität, von der Stärke die Intensität der Empfindung abhängig, während der Gefühlston sowohl von der Qualität wie von der Intensität der Empfindung, mittelbar also von der Form und Stärke der Reize gleichzeitig bestimmt wird. Den größeren Unterschieden in der Form der Reizung entsprechen verschiedenartige oder disparate, den geringeren gleichartige Empfindungen. Allgemein nennen wir disparat solche Empfindungen, zwischen denen keine stetigen Uebergänge vorkommen, und die daher für uns unvergleichbar sind. Disparat sind daher die Empfindungen verschiedener Sinne, wie Licht-, Schall-, Geschmacksempfindungen. Dagegen sind die Empfindungen je eines einzelnen Sinnes meistens gleichartig, insofern man durch stetige Abstufungen des Reizes von jeder beliebigen Empfindung zu jeder beliebigen anderen in continuirlichem Uebergange gelangen kann. Nur der allgemeine Sinn, der Gefühlssinn, besitzt zwei verschiedenartige Empfindungsqualitäten, die Druck- und die Temperaturempfindungen, daher man ihn wieder in einen Druck- und Temperatursinn zerlegen kann. Die äußere Bedingung dieser Verhältnisse liegt theils in der Beschaffenheit der Sinnesreize, theils in der verschiedenartigen Structur der Sinnesorgane. Unter den vielgestaltigen Bewegungsformen der äußeren Natur ist nur eine beschränkte Zahl im Stande auf unsere Sinnesorgane zu wirken. Die Reize eines jeden Sinnes bilden eine stetige Stufenfolge und erfüllen daher die für die Gleichartigkeit der Empfindungen erforderliche Bedingung; zwischen den Reizformen der verschiedenen Sinne finden sich dagegen im allgemeinen keinerlei stetige Uebergänge, sondern es existiren zwischenliegende Bewegungsformen, durch welche unsere Sinnesorgane nicht erregt werden.

Am deutlichsten lassen sich diese Verhältnisse bei denjenigen Sinnesreizen verfolgen, welche in schwingenden Bewegungen bestehen. Bei jeder schwingenden Bewegung können wir die Weite und die Form der Schwingungen unterscheiden. Unter der Schwingungsweite (Amplitude) versteht man die Raumentfernung, um welche sich das Bewegliche bei jeder Schwingung aus seiner Gleichgewichtslage entfernt, unter der Schwingungsform die Curve, welche es während einer gegebenen Zeit im Raume beschreibt. Die Schwingungsform kann entweder eine

periodische oder eine aperiodische sein. Periodisch ist eine Bewegung, die sich nach gleichen Zeitabschnitten immer genau in derselben Weise wiederholt; ist dies nicht der Fall, so nennt man die Bewegung aperiodisch. So ist z. B. Fig. 83 *A* eine aperiodische, *B* bis *D* sind periodische Schwingungen. Zwei periodische Schwingungsformen können entweder nur dadurch von einander abweichen, dass bei sonst übereinstimmender Gestalt der Schwingungscurve nur die Geschwindigkeit der Schwingungen eine verschiedene ist, oder es kann die Geschwindigkeit übereinstimmen und die Gestalt der Curve abweichen, oder endlich es kann beides, Geschwindigkeit der Periode und Gestalt der Curve, verschieden sein. In *B* bis *D* sind diese Fälle dargestellt. Die beiden Curven in *B* stimmen in ihrer Form überein, aber bei der punktirten Curve wiederholen sich die Perioden doppelt so schnell als bei der ausgezogenen. Mit der letzteren stimmt die Curve *C* hinsichtlich der Geschwindigkeit der Perioden überein, aber die sonstige Form weicht ab; von der punktirten Linie *B* unterscheidet sich *C* in beiden Beziehungen. Die Fig. *D* veranschaulicht endlich auch noch das Verhältniss von Schwingungsweite und Schwingungsform. Die beiden Curven stimmen nämlich sowohl in der Geschwindigkeit der Perioden wie in der Form überein, aber die punktirte Curve hat eine geringere Schwingungsweite. Die Schwingungsweite entspricht der Intensität, die Schwingungsform der Qualität der Empfindung. Die wichtigsten Unterschiede der Schwingungsform bestehen in der verschiedenen Geschwindigkeit oder Wellenlänge der Schwingungen. Auf der letzteren beruhen zugleich die Hauptunterschiede der Empfindungsqualität. Schwingungen zwischen 8 und etwa 50000 in der Secunde empfinden wir als Töne, solche zwischen 450 und 785 Billionen als Licht oder Farbe. Zwischen beide schieben sich die Temperaturempfindungen ein, die noch über die untere Grenze der Lichtempfindungen herüberreichen, aber erst weit über der oberen Grenze der Schallschwingungen beginnen.

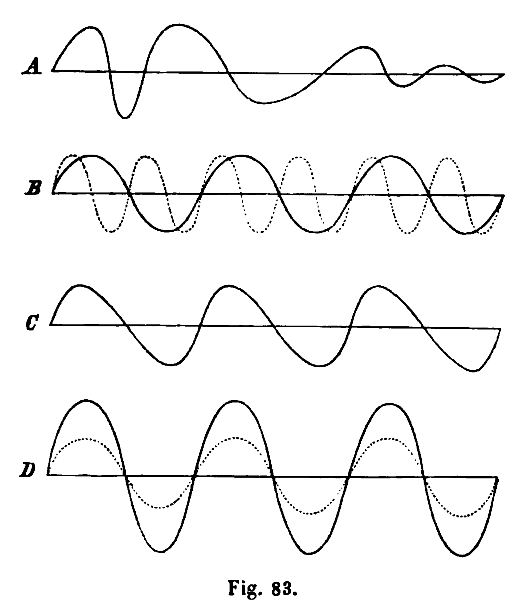


Fig. 83.

Die äußeren Bewegungsformen, welche wir als die **physikalischen Sinnesreize** bezeichnen, erregen die Empfindung durch das Mittelglied einer innern Bewegung in den Sinnesapparaten, durch die **physiologische Sinnesreizung**. Nur solche Bewegungen in der äußern Natur sind Sinnesreize, denen in irgend einem Sinnesorgan Einrichtungen entsprechen, welche eine Uebertragung der Bewegung, eine Umwandlung des physikalischen in einen physiologischen Reiz gestatten. Bei dieser Umwandlung kann nun eine mehr oder minder bedeutende Transformation der Bewegungen stattfinden. Da wir von den Vorgängen der physiologischen Sinnesreizung, zu denen auch die Erregungsvorgänge in den Sinnesnerven und in den sensorischen Centralorganen gehören, erst eine verhältnissmäßig geringe Kenntniss besitzen, so sind wir noch nicht im Stande die Art dieser Transformation im einzelnen genau anzugeben. Nur aus dem zeitlichen Verlauf der Erregungen vermögen wir einige Rückschlüsse zu machen, insofern wir wohl annehmen dürfen, dass in solchen Fällen, wo dieser Verlauf mit demjenigen der äußeren physikalischen Reize annähernd übereinstimmt, die Transformation eine geringere sein werde. Mit Rücksicht hierauf lassen sich alle Sinnesempfindungen in **zwei Hauptclassen** bringen:

1) in die Empfindungen der **mechanischen Sinne**; so bezeichnen wir diejenigen Sinne, bei denen die physiologische Erregung in ihrem zeitlichen Verlauf ein ziemlich treues Abbild der äußern mechanischen Bewegung ist, welche auf die Endapparate der Sinnesorgane einwirkt: **Drucksinn, Gehörssinn**;

2) in die Empfindungen der **chemischen Sinne**; so wollen wir diejenigen Sinne nennen, bei denen der physiologische den physikalischen Reiz verhältnissmäßig lange überdauert, und wo daher eine tiefer greifende chemische Transformation wahrscheinlich ist: **Temperatursinn, Geruchs- und Geschmackssinn, Gesichtssinn.**

Durch diese Bezeichnungen soll nicht ausgeschlossen sein, dass nicht auch bei den mechanischen Sinnen chemische Vorgänge sich an der physiologischen Reizung betheiligen. Einen principiellen Unterschied bezeichnen ja die Ausdrücke mechanisch und chemisch ohnehin nicht, da auch die chemischen Vorgänge als Bewegungsvorgänge aufzufassen sind. Insbesondere aber die Reizungsvorgänge in den Sinnesnerven und Sinnescentren sind, wie wir in Cap. VI gesehen haben, höchst wahrscheinlich durchgängig chemische Processe. Zunächst soll also jene Unterscheidung nur andeuten, inwiefern die mechanischen Eigenschaften der äußern Reizform noch bei der physiologischen Reizung erhalten bleiben oder nicht. Daneben weisen aber allerdings auch die Structurverhältnisse einzelner Sinnesorgane, namentlich des Hör- und Sehorgans, darauf hin, dass bei den mechanischen Sinnen der äußere Sinnesapparat die physikalische Bewegung in

möglichst unveränderter Form auf die Sinnesnerven überträgt, während bei den chemischen Sinnen schon in den Sinnesepithelien eine Umwandlung in chemische Molecularbewegungen stattfindet. Den Unterschieden der äußeren Sinnesorgane sind daher jene Bezeichnungen hauptsächlich entnommen, indem wir auf dieselben die Ansicht gründen, dass bei den mechanischen Sinnen das äußere Sinnesorgan eine mechanische, bei den chemischen Sinnen dagegen eine chemische Leistung vollführt.

3. Entwicklung der Sinnesfunctionen.

Unsere Kenntniss der Sinnesfunctionen im Thierreich stützt sich hauptsächlich auf die anatomische Vergleichung der äußern Sinnesapparate, nur zu einem sehr geringen Theil auf die Beobachtung des Verhaltens der Thiere gegenüber den Sinnesreizen. Jene Vergleichung lässt aber keinen Zweifel daran zu, dass die Empfindungen der höheren Organismen aus einer Differenzirung ursprünglich gleichförmiger Sinneserregungen hervorgehen. Die Functionen des allgemeinen Sinnes, die Tast-, Temperatur- und Gemeinempfindungen, erscheinen hierbei als der gemeinsame Ausgangspunkt der Entwicklung. Schon früher wurde bemerkt, dass bei jenen niedersten Wesen, deren Leibesmasse aus Protoplasma besteht, sichtlich diese contractile Substanz zugleich der Sitz der Empfindungen ist (S. 27, Fig. 2). Bei der Gleichartigkeit des Protoplasmas werden hier die Empfindungen als höchst gleichförmige vorauszusetzen sein, und wir werden annehmen dürfen, dass diejenigen äußeren Reize, welche die Bewegungen des Protoplasmas anregen, zugleich die Bedeutung von Sinnesreizen besitzen. Dies sind unter den normalen Lebensverhältnissen der Protozoen die Druck-, Temperatur- und Lichtreize. Die beiden ersteren können nicht nur auf die Tastoberfläche des Thieres sondern auf dessen ganze Leibesmasse einwirken; die Tast- und Gemeinempfindungen scheinen also noch ungetrennt zu sein, während Druck und Temperatur bei der großen Verschiedenheit der Bewegungen, die sie am Protoplasma verursachen, bereits zu disparaten Empfindungen Anlass geben dürften. Da die thermische Reizung sichtlich mit einer tiefer greifenden chemischen Veränderung der contractilen Substanz verbunden ist als die mechanische, so liegt es nahe in dieser doppelten Reizbarkeit des Protoplasmas die Grundlage zu vermuthen, von welcher die Entwicklung der mechanischen und der chemischen Sinne ausgeht. Auch chemische und elektrische Reize wirken auf die Protoplasmabewegungen ein. Doch gehören dieselben jedenfalls nicht zu den gewöhnlichen Lebensreizen, und es ist zweifelhaft, ob sie andere als Druck- und Temperaturempfindungen veranlassen. Am ehesten könnte man annehmen,

dass chemische Veränderungen der umgebenden Flüssigkeit, welche die Diffusionsbedingungen für die oberflächlichen Schichten der contractilen Substanz verändern, in eigenthümlicher Weise empfunden werden, worin ein primitives Aequivalent für die späteren Geschmacks- und Geruchsempfindungen zu sehen wäre. Das Licht wirkt bei den niedersten Protozoen ebenfalls auf das ganze Tastorgan; doch lässt sich die Annahme nicht abweisen, dass die Pigmentflecken an der Körperoberfläche bei manchen Infusorien Vorrichtungen zum Behuf der Lichtabsorption darstellen, welche das umgebende Protoplasma für Licht empfindlicher machen, und auf diese Weise als einfachste Sehorgane zu deuten sind.

Die aus der Beobachtung der niedersten Organismen gewonnene Anschauung, dass alle Sinnesempfindungen in dem Tastsinn ihre gemeinsame Grundlage haben, findet ihre Bestätigung durch die Entwicklungsgeschichte der Sinnesorgane. Die letztere zeigt, dass die specifischen Sinnesapparate von den niedersten Organismen bis herauf zu dem Menschen aus der äußern Körperbedeckung hervorgehen. Diese Entwicklung selbst lässt sich aber in zweierlei Vorgänge zerlegen: 1) in die Vervollkommnung des allgemeinen Tastorgans durch die Ausbildung besonderer Tastapparate, und 2) in die Ausbildung specifischer Sinneswerkzeuge. Durch die erste dieser Entwicklungen werden einzelne Theile des Tastorgans empfindlicher für die allgemeinen Tastreize, durch die zweite erfahren sie eine Metamorphose, in Folge deren besondere Empfindungsreize, Schall, Licht, Geschmacks- und Geruchsstoffe, auf die Endigungen der sensibeln Nerven erregend einwirken können.

Die Entwicklung von Tastapparaten beginnt mit der frühesten Differenzirung der organischen Substrate, und sie geht hier Hand in Hand mit der Ausbildung besonderer Bewegungswerkzeuge. Schon das Wimperkleid der Infusorien (Fig. 3, S. 27) haben wir als eine Umgestaltung des Protoplasmas aufzufassen, welche der Ortsbewegung und der Tastempfindung gleichzeitig dient. In zwei Momenten wird die Bedeutung der Wimpern als Tastorgane zu suchen sein: einerseits in der gewaltigen Vergrößerung der tastenden Oberfläche, anderseits in ihrer Eigenschaft als ausgestreckte Fühlwerkzeuge des Körpers zu dienen. Diese Umstände sind es, welche offenbar in der ganzen Reihe der Wirbellosen die Entwicklung solcher Tastapparate begünstigt haben, die als Auswüchse der äußern Körperbedeckung eine gewisse Wirkung in die Ferne ermöglichen. Bei entwickeltem Nervensystem sitzen dann diese Tastapparate immer zugleich an Stellen, die durch Nervenreichthum bevorzugt sind. Hierher gehören die eigenthümlichen Fangfäden und Saugfüßchen der Polypen, Quallen und Echinodermen, die bei den frei lebenden Würmern und Mollusken

fast durchgängig an verschiedenen Stellen des Körpers, namentlich aber am Kopfende vorkommenden Fühler, endlich die an den Gliedmaßen und Antennen der Arthropoden befindlichen Taststäbchen. Während die Cilien der Protozoen und zum Theil selbst noch die Fühlfäden der Cölenteraten die Function von Tast- und Bewegungswerkzeugen in sich vereinigen, besitzen die analogen Körperanhänge der höheren Wirbellosen durchaus nur die Bedeutung von Tastapparaten, und diese gewinnen, indem sensible Nerven an ihrer Basis sich ausbreiten, eine erhöhte Empfindlichkeit. So sind namentlich die Tentakel der Mollusken und Arthropoden in der Regel von ansehnlichen Nerven versorgt. Die Taststäbchen der Insekten sitzen auf eigenthümlichen Endzellen der sensibeln Nerven auf. Diese Zellen allein sind die empfindlichen Theile, während die Taststäbchen selbst unempfindliche Verlängerungen sind, deren Bewegungen aber ihrer Basis sich mittheilen. Damit vollzieht sich schon der Uebergang zu den höher entwickelten Tastorganen, bei denen die empfindlichsten Theile nicht als Verlängerungen erscheinen, welche mit den äußeren Objecten in nächste Berührung kommen, sondern sich in der Gestalt besonderer Sinnesepithelzellen, in oder zwischen denen die Tastnerven endigen, unter der Oberfläche der Haut verbergen. Wo besondere Bedürfnisse fühlerartige Verlängerungen des Tastorgans verlangen, da sind dann diese wieder selbst unempfindlich, stehen aber mit empfindlichen Nervenendigungen in Verbindung. Hierher gehören, als Gebilde, die völlig jenen Taststäbchen der Arthropoden analog sind, die Zähne, Haare, Nägel und andere hornartige Auswüchse der Oberhaut bei den höheren Thieren. Es sind dies Einrichtungen, die als Verlängerungen des Tastorgans annähernd dasselbe leisten wie die Fühlfäden der Wirbellosen, bei denen aber dem Sinnesorgan selbst ein höheres Maß des Schutzes gewährt ist. Bei manchen im Zusammenhange mit dem Tastorgan stehenden Bildungen der Thiere kann man übrigens zweifelhaft sein, ob sie den gewöhnlichen Tastorganen zuzurechnen sind oder eigenthümliche Sinnesempfindungen vermitteln, welche die besonderen Lebensbedingungen der sie besitzenden Thiere mit sich bringen. Unter dieser Voraussetzung hat man in der That becherförmige Gebilde, die in der Haut der Fische gefunden werden, als Organe eines sechsten Sinnes angesprochen[1]). Immerhin dürfte es wahrscheinlicher sein, dass diese Organe, denen ähnliche Vorrichtungen in der Haut mancher Würmer entsprechen, entweder den Tast- oder den Geschmacksapparaten zuzurechnen sind. Durchgängig bei in Wasser lebenden Thieren vorkommend mögen sie Empfindungen vermitteln, die

---

1) Leydig, Handbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt a. M. 1857, S. 196 f. Schultze, Archiv f. mikrosk. Anat. VI, S. 44 f.

entweder mit den Strömungen des Wassers oder mit dessen chemischer Beschaffenheit veränderlich sind.

Unter den speciellen Sinnesorganen sind es die Geschmacks- und Geruchswerkzeuge, deren morphologische Ausbildung am nächsten an diejenige der Tastapparate sich anschließt. Wenn bei den Wirbellosen bis herauf zu den Arthropoden und Mollusken bestimmte Organe, die der Geschmacks- und Geruchsempfindung dienen, nicht nachzuweisen sind, so dürfte der Grund eben darin liegen, dass gewisse empfindlichere Tastwerkzeuge zugleich durch Geruchs- und Geschmackseindrücke in eigenthümlicher Weise erregt werden. Die weite Verbreitung der entsprechenden Empfindungen auch unter den Wirbellosen kann ja nach dem physiologischen Verhalten der Thiere nicht zweifelhaft sein. Die Auswahl unter den Nahrungsstoffen geschieht in den meisten Fällen sichtlich unter der Leitung des Geschmackssinns, bei der Erkennung der Nahrung aus der Ferne wirkt in der Regel der Geruchssinn mit. So deutet man denn in der That manche cilientragende Tastzellen der Wirbellosen oder gewisse vorzugsweise bei der Nahrungssuche betheiligte Tasthaare, wie sie bei den höheren Mollusken in der Nähe der Athmungsorgane, bei den Insekten an den Antennen vorkommen, als Geruchsorgane. Wo aber selbst der Beginn einer solchen Differenzirung noch nicht nachzuweisen ist, da dürften die mit hoher Tastempfindlichkeit begabten Fühlfäden der niederen Wirbellosen zugleich mehr als andere Stellen der Hautoberfläche chemischen Einwirkungen zugänglich sein und auf diese Weise als Riech- und Geschmacksorgane functioniren. Eine deutliche Scheidung dieser beiden in ihrer Leistung verwandten Organe vollzieht sich erst bei den Wirbelthieren. Auch in ihrer entwickeltsten Form bewahren sie aber eine gewisse Verwandtschaft mit den Tastapparaten. Die Endigungen des Geruchsnerven entsprechen jener niedrigeren Bildung eines Tastorgans, wo dieses in der Form bewimperter oder stäbchenförmiger Fühler den Objecten zugekehrt ist: cilientragende oder stäbchenförmig verlängerte Zellen, in denen die Fasern des Sinnesnerven endigen, bilden bis zum Menschen herauf die wesentliche Einrichtung der Geruchsfläche (s. unten Fig. 96). Das Geschmacksorgan dagegen folgt der Bildung jener höher entwickelten Tastapparate, die sich unter der Hautoberfläche verbergen: die Zellen, in welchen der Geschmacksnerv endigt, liegen in becherförmigen Vertiefungen, die mit den oben erwähnten eigenthümlichen Seitenorganen der Fische eine gewisse Aehnlichkeit besitzen. (S. unten Fig. 97 und 98.)

Unter den höheren Sinneswerkzeugen scheinen die Hörorgane aus einer Umwandlung wimpertragender Theile der Körperbedeckung hervorzugehen. Da die Cilien leicht durch starke Schallerregungen in Schwingung

versetzt werden, so wird schon bei den wimpertragenden Protozoen der Schall die Wirkung eines Tastreizes besitzen; auch mag auf der niedrigsten Entwicklungsstufe die Schallempfindung der Thiere selbst in ihrer Qualität der Tastempfindung noch nahe stehen. Jene Umwandlung besteht aber darin, dass eine Reihe wimpertragender Zellen in einer dicht unter der Körperbedeckung gelagerten Kapsel sich abschließt, während sich in der Höhle der Kapsel ein geschichtetes Kalkconcrement, der sogenannte Otolith, ablagert, der nun durch die Schwingungen der Cilien bewegt wird (Fig. 84). Seltener erscheinen wimperfreie Bläschen, die aber ebenfalls einen Otolithen enthalten, als unverkennbare Hörorgane: so bei manchen Mollusken und Würmern und selbst noch in der Classe der Fische bei den Cyclostomen. Die Function des Otolithen besteht wahrscheinlich darin, dass er sowohl bei Bewegungen des Körpers wie bei starken Schalleindrücken in Vibrationen geräth, welche sich den Wänden der Otocyste und dadurch den Nervenenden mittheilen. Der Otolith ist so das einfache Vorbild der zum Theil sehr verwickelten Beschwerungsapparate, die wir in den Gehörorganen der höheren Thiere antreffen werden. Diese niederen Hörorgane selbst aber scheinen die Functionen eines dem Tastsinne zugeordneten statischen Organes und eines schallpercipirenden Apparates noch vollständig zu vereinigen[1]).

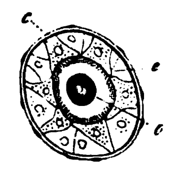


Fig. 84. Hörorgan einer Muschel (Cyclas). (Nach LEYDIG.) *c* Gehörkapsel. *e* Wimperzellen. *o* Otolith.

Ein einfaches Organ dieser Art dürfte, insofern ihm überhaupt neben seiner Bedeutung als statischer Tastapparat noch Hörfunctionen zukommen sollten, kaum zur Unterscheidung von Schalleindrücken verschiedener Qualität befähigt sein. Ein wichtiger Fortschritt der Entwicklung besteht nur darin, dass an die Stelle der Wimpern stärkere haarförmige Fortsätze treten, welche in ihrer Länge und Masse beträchtlicher von einander abweichen. Solche Einrichtungen sind namentlich in den verschiedenen Ordnungen der Arthropoden nachzuweisen. Häufig finden sich dann zugleich statt eines einzigen Otolithen sandähnliche Anhäufungen kleiner Concremente, durch welche die Hörhaare beschwert sind. Die Abweichungen in den Dimensionen der Hörhaare aber weisen auf eine beginnende Anpassung an Klänge von verschiedener Höhe hin (Fig. 85). In der That konnte HENSEN durch directe Beobachtungen bestätigen, dass durch verschiedene Töne verschiedene Hörhaare in Schwingungen versetzt werden[2]).

1) Ueber die statischen Functionen des Otolithenapparates bei den Cölenteraten, Cephalopoden und Crustaceen vgl. DELAGE, Arch. de Zool. 2, V, 1887, und M. VERWORN, PFLÜGER's Archiv L, S. 423 ff.

2) HENSEN, Zeitschr. f. wiss. Zoologie XIII, S. 374.

Abweichend sind die Gehörorgane mancher Insekten insofern gebildet, als sie der Otolithen entbehren, dafür aber solidere Endgebilde der Nerven in der Form von Stäbchen besitzen, welche wahrscheinlich ebenfalls durch abweichende Dimensionen verschieden abgestimmt sind; diese Hörstäbchen werden dann von einer an der Körperoberfläche gelegenen trommelfellartigen festen Membran überzogen, die der Zuleitung des Schalls dient. Schon diese Abweichungen bei sonst nahe verwandten Thieren machen es nicht wahrscheinlich, dass die Bildung der Gehörapparate aus einer gemeinsamen Entwicklung hervorgehe. Selbst in denjenigen Fällen, wo das Organ in der gewöhnlichen Form der Otocyste vorkommt, würde diese Annahme, abgesehen von der abweichenden Entwicklung einander nahe verwandter Thiere, durch die Thatsache widerlegt, dass die Gehörorgane an außerordentlich wechselnden Stellen des Körpers auftreten. Bei den Medusen liegen sie am Rand des Schirms, bei vielen Mollusken im Fuß, bei andern am Kopf, bei den Krustern im Basalglied der Antennen oder an andern Körpertheilen, bei den Insekten am Thorax, in den Schienen der Vorderbeine u. s. w. Entsprechend variirt auch die Zahl der Organe. Angesichts dieser Verhältnisse lässt sich nicht daran zweifeln, dass mehrere von einander unabhängige Entwicklungen zur Ausbildung von Gehörapparaten geführt haben. Das nämliche gilt von dem Auge, welches, wie wir unten sehen werden, bei den Wirbellosen ebenfalls in seiner Lage mannigfach wechselt. Da gleichwohl in diesen Fällen der Bau der Sinnesorgane in hohem Grade gleichförmig ist, so muss man wohl schließen, dass dies in der Gleichförmigkeit der Ursachen begründet sei, welche die Differenzirung der Organe herbeiführten.

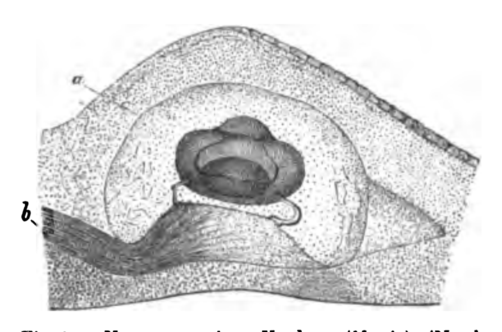


Fig. 85. Hörorgan eines Krebses (Mysis). (Nach HENSEN.) *a* Otolithensack, einen geschichteten Otolithen enthaltend. *b* Hörnerv. Von dem Kranz der Haare, welche den Otolithen tragen, ist rechts ein größeres, links ein kleineres abgebildet.

Erst bei den Wirbelthieren wird der genetische Zusammenhang der Hörwerkzeuge deutlich sichtbar. Nicht bloß trennt sich hier das paarige Gehörbläschen, das auf seiner frühesten Stufe noch ganz der Otocyste der Wirbellosen gleichkommt, überall an der nämlichen Stelle vom Ektoderm, sondern auch seine weiteren Gliederungen bilden eine zusammenhängende Entwicklungsreihe. Aus der einen Hälfte des meistens durch eine Einschnürung sich theilenden Gehörbläschens wachsen schon bei den Fischen die in allen Wirbelthierclassen im wesentlichen ähnlich gestalteten

Bogengänge hervor, aus der andern Hälfte entwickelt sich die Schnecke, die erst bei den Säugethieren ihre vollkommene Gestalt gewinnt (Fig. 86). Hiermit ist erst die Scheidung des eigentlichen Gehörorgans und des noch vollständig dem Tastsinne zuzurechnenden statischen Organs vollendet: denn das letztere zieht sich nun vollständig auf den Apparat der Bogengänge mit ihren Ampullen zurück, während in der Schnecke die den Fasern des Hörnerven angefügten Endapparate eine Ausbildung erlangen, die sie zur gesonderten Uebertragung von Schallschwingungen verschiedener Geschwindigkeit auf die Hörnerven fähig macht[1]).

Das Auftreten von Sehwerkzeugen im Thierreich ist stets an die Ablagerung lichtabsorbirenden Pigmentes gebunden. Hierauf gründet sich die Annahme, dass die sogenannten Augenflecken im Protoplasma der Protozoen als primitivste Form eines Sehorgans zu deuten seien. Aehnliche Augenflecken finden sich noch bei Würmern und Echinodermen, wo sie meistens in der Nähe der centralen Ganglien gelagert sind und wahrscheinlich von hier entspringenden Nervenfasern, deren Nachweisung aber noch nicht überall gelungen ist, versorgt werden. Auf einer nächsten Stufe, die bei vielen Plattwürmern, den Räderthieren und Seesternen verwirklicht ist, sehen wir die Nerven in eigenthümlich modificirten Zellen, welche von Pigment umgeben sind, den Retinastäbchen (auch Krystallstäbchen genannt), endigen. Treten solche Stäbchen in gehäufter Form auf, so bilden sie die erste Anlage eines zusammengesetzten Auges. Aber schon während sie isolirt vorkommen, kann eine dritte Stufe der Entwicklung erreicht werden, indem vor ihnen ein linsenförmig gekrümmter

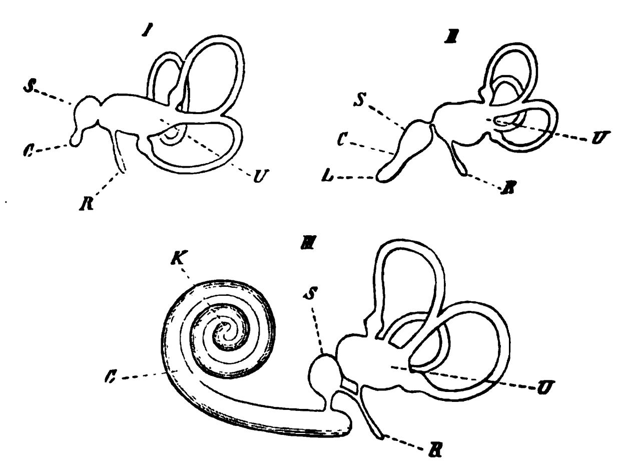


Fig. 86. Entwicklung des Gehörlabyrinths bei den Wirbelthieren, schematisch. (Nach WALDEYER.) *I* vom Fisch, *II* vom Vogel, *III* vom Säugethier. *US* Vorhof. *U* Vorhofsabtheilung der Bogengänge (Utriculus). *S* Vorhofsabtheilung der Schnecke (Sacculus). *C* Schnecke. *L* Ausbuchtung derselben beim Vogel (Lagena). *K* Schneckenkuppel. *R* Ausbuchtung des Vorhofs (Recessus labyrinthi).

1) RETZIUS, Das Gehörorgan der Wirbelthiere. I, II. Stockholm 1881—1884.

durchsichtiger Körper als erste Andeutung eines lichtbrechenden Mediums auftritt. Bei den Medusen werden solche Augen in den Randbläschen der Scheibe in gehäufter Zahl und in unmittelbarer Nachbarschaft primitiver Hörorgane beobachtet (Fig. 87).

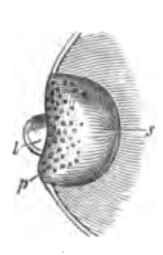


Fig. 87. Sehorgan einer Meduse (Lizzia Kölikeri). (Nach O. und R. HERTWIG.) *l* Linse. *p* Pigment. *s* Retinastäbchen.

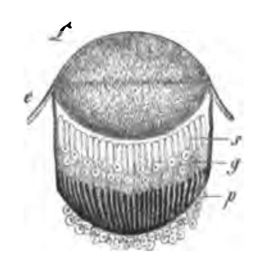


Fig. 88. Auge einer Spinne. (Nach LEYDIG.) *L* Linse, von der Chitinschichte (*e*) des Integumentes gebildet. *s* Vorderer Theil der Retinastäbchen, *p* deren hinterer Theil mit dem Pigment. *g* Ganglienzellen.

An diese niederen Entwicklungsformen des Sehorgans schließt sich unmittelbar das einfache Auge mancher Arthropoden, wie der Spinnen, an. Nur darin verräth sich eine weitere Differenzirung, dass die Retinastäbchen in zwei Abschnitte zerfallen, von denen der hintere durch Pigmentscheidewände ausgezeichnet ist, und dass Ganglienzellen zwischen die Stäbchen und die Sehnervenfasern eingelagert sind (Fig. 88). Da es diesen Augen noch gänzlich an Vorrichtungen zu Aenderungen des Brechungszustandes der Linse mangelt, so werden wir auch bei ihnen den lichtbrechenden Körpern wesentlich noch die Function einer Concentration der Lichtstrahlen zum Behuf der Verstärkung der Empfindungen zuschreiben, höchstens aber Anfänge einer räumlichen Sonderung der letzteren durch die das untere Ende der Retinastäbchen umhüllenden Pigmentscheiden vermuthen dürfen.

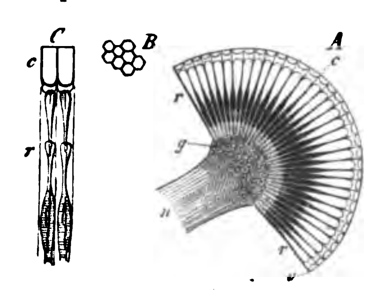


Fig. 89. *A* Schematischer Durchschnitt durch ein zusammengesetztes Arthropodenauge. *n* Sehnerv. *g* Ganglienanschwellung desselben. *r* Retinastäbchen. *c* Facettirte Hornhaut. *B* Hornhautfacetten von der Fläche gesehen. *C* Zwei Retinastäbchen mit ihren Cornealinsen.

In dieser Beziehung zeigen erst die zusammengesetzten Augen der Crustaceen und Insekten eine wesentliche Vervollkommnung. Wahrscheinlich aus einer großen Zahl ursprünglich getrennter einfacher Augen hervorgegangen, zeigt jedes zusammengesetzte Auge ebenso viele der Außenwelt zugekehrte lichtbrechende Körper, als es Retinastäbchen besitzt. Indem jene Körper mit einander verschmelzen, bilden sie eine facettirte Hornhaut (Fig. 89). Deutlicher noch als beim einfachen Auge zerfällt hier jedes Retinastäbchen in zwei Theile, in einen vorderen durchsichtigeren, das sogenannte Krystallstäbchen, und in einen nach hinten gekehrten dichter von Pigment umhüllten

undurchsichtigeren, das eigentliche Retinastäbchen. Beide grenzen in Fig. 89 bei *r* an einander. Im hinteren Theil, der sich leicht von dem vorderen loslöst, bemerkt man, wie M. Schultze gefunden hat, häufig eine axillare Nervenfibrille [1]. Hiernach ist es wahrscheinlich, dass der vordere Abschnitt, das Krystallstäbchen, als lichtbrechender Körper functionirt, während in dem hinteren, dem eigentlichen Retinastäbchen, die Transformation in die Sehnervenerregung stattfindet. Durch die Pigmentscheiden, welche die Stäbchen umhüllen, wird eine Vermischung der in den benachbarten Krystallstäbchen zugeleiteten Lichtstrahlen verhütet, eine Einrichtung, die offenbar auf eine vollkommenere Ausbildung des räumlichen Sehens abzielt. In den Pigmentscheiden finden sich außerdem Muskelfasern, durch deren Contraction der Brechungszustand der Krystallkegel Aenderungen erfährt. Da an den Augen der Insekten die Hornhautfacetten linsenförmig gekrümmt sind, so dass schon durch einen einzigen Krystallkegel ein Bild eines ausgedehnten Gegenstandes entworfen werden kann, so hat man geschlossen, jede Facette entspreche einem selbständigen Auge, es handle sich also hier um eine Verbindung vieler einzelner Augen zu einem zusammengesetzten Sehorgan [2]. Dieser Ansicht widerstreitet jedoch schon der Umstand, dass jedem Krystallkegel nur ein Retinaelement entspricht, sowie die Thatsache, dass bei den Krebsen die Hornhautfacetten gewöhnlich flach sind [3]. Dagegen wird die zuerst von J. Müller [4] ausgesprochene Vermuthung, dass das zusammengesetzte Auge ein musivisches Sehen vermittle, auch durch die Beobachtung bestätigt, dass das Netzhautbild im Insektenauge kein umgekehrtes, sondern ein aufrechtes ist [5]. Demnach muss hier die räumliche Sonderung der Eindrücke dadurch zu Stande kommen, dass die verschiedenen Krystallkegel nach verschiedenen Richtungen gekehrt sind.

Obgleich das musivische Auge dem einfachen der Arachniden und niederen Wirbellosen ohne Zweifel weit überlegen ist, so entwickelt sich doch das vollkommenste Sehorgan offenbar aus dieser letzteren Form. Schon in der Classe der Würmer, in deren einzelnen Abtheilungen die verschiedensten Entwicklungsformen des Sehorgans bis zu völligem Mangel desselben angetroffen werden, findet sich bei den im Meere lebenden Alciopiden eine zusammengesetzte Structur des einfachen Auges, welche eine Brechung des Lichtes und eine Sonderung der von verschiedenen

1) M. Schultze, Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insekten. Bonn 1868.

2) Gottsche, Archiv f. Anatomie u. Physiol. 1852, S. 483. Leydig, Das Auge der Gliederthiere. Tübingen 1864.

3) Leuckart, Organologie des Auges, in Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde, II, 1. S. 295.

4) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns. Leipzig 1826, S. 337.

5) Exner, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 3. Abth. XCVIII, S. 13 ff.

Richtungen herkommenden Strahlen mit wesentlich denselben Hülfsmitteln zu Stande bringt, die im Auge des Menschen zur Anwendung kommen (Fig. 90). Die äußere Haut wird an der Stelle wo sie das Auge überzieht durchsichtig und bildet so eine einfache Hornhaut (*c*), hinter der die geschichtete Linse (*l*) gelegen ist. Zwischen ihr und den Retinastäbchen findet sich ein durchsichtiger Glaskörper (*h*). Die Retinastäbchen (*b*) aber, welche die Pigmentschichte (*p*) durchsetzen, zerfallen auch hier in zwei Glieder, in den nach vorn gekehrten Krystallkegel und in das nach hinten von der Pigmentschichte gelegene eigentliche Retinastäbchen. Von dieser Bildung unterscheidet sich das vollkommenste Auge in der Classe der Wirbellosen, dasjenige der Cephalopoden, wesentlich nur dadurch, dass sich in ihm die Linse von der Cornea entfernt, wodurch eine vordere Augenkammer entsteht, und dass, im Zusammenhang mit der freieren Beweglichkeit, welche so die Linse gewinnt, ein deutlicher ausgebildeter Accommodationsapparat die Linse umgibt. Alles dies sind Einrichtungen, die bereits vollkommen dem Wirbelthierauge gleichen. Nur in einer Beziehung erfährt das letztere noch eine wesentliche Metamorphose: in der Anordnung der Retinaelemente. Während diese im Auge aller Wirbellosen nach vorn gekehrt sind, so dass sich die Sehnervenfasern hinten in sie einsenken, bilden im Auge der Wirbelthiere die Nervenfasern die vorderste, zunächst dem Glaskörper

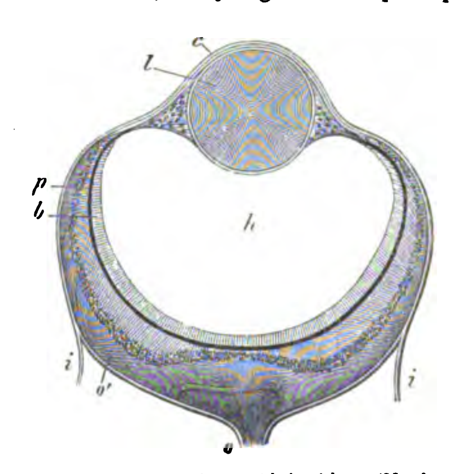


Fig. 90. Auge einer Alciopide. (Nach Greeff.) *i* Integument, als Hornhaut *c* die Vorderfläche des Auges überziehend. *l* Linse. *h* Glaskörper. *o* Sehnerv. *o'* Ausbreitung desselben. *p* Pigmentschichte. *b* Stäbchenschichte.

benachbarte Retinaschichte, und auch die andern Elemente der Retina erfahren eine vollständige Umkehrung ihrer Lage, indem von vorn nach hinten auf die Opticusfasern zunächst eine gangliöse Schichte und auf diese die Schichte der Retinastäbchen folgt. An ihnen entspricht dann das innere Glied dem eigentlichen Retinastäbchen, das äußere dem Krystallstäbchen im Auge der Wirbellosen. Das Pigment endlich lagert sich in zusammenhängender Schichte auf die äußere Fläche der Netzhaut. Auf die physiologische Bedeutung dieser Veränderungen werden wir unten zurückkommen.

4. Structur und Function der entwickelten Sinneswerkzeuge.

Nachdem wir die allmähliche Entwicklung der Empfindungsorgane verfolgt haben, bleibt uns noch übrig auf die Structur der entwickelten Sinneswerkzeuge des Menschen und der höheren Thiere einen Blick zu werfen, um dabei gleichzeitig zu prüfen, inwiefern die Structurverhältnisse über die physiologischen Vorgänge der Sinneserregung und damit indirect auch über die Entstehung der Empfindungen Aufschluss geben. Hinsichtlich der Bildung der mannigfachen Hülfsapparate, welche namentlich die Function der höheren Sinnesorgane, Auge und Ohr, unterstützen, muss hierbei auf die anatomischen Darstellungen verwiesen werden, da wir uns an dieser Stelle auf die Untersuchung der unmittelbar beim Empfindungsacte betheiligten Elemente beschränken.

Beginnen wir auch hier mit dem allgemeinen Sinn, dem Tastsinn, so lässt sich eine doppelte Endigung der die Tast- und Gemeinempfindungen vermittelnden sensibeln Nerven unterscheiden: erstens eine freie Endigung der einzelnen Fasern zwischen den Zellen der Oberhaut und anderer Gewebe, und zweitens eine Endigung in speciellen Sinnesapparaten von mehr oder minder zusammengesetzter Beschaffenheit.

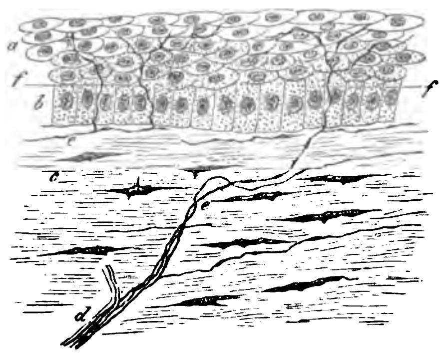


Fig. 91. Endigung sensibler Nerven in der Hornhaut des Kaninchens. (Nach Frey.) *a* ältere, *b* jüngere Epithelzellen der Vorderfläche. *c* Hornhautgewebe. *d* Nerv. *e* Primitivfibrillen. *f* Ausbreitung derselben im Epithel.

Wahrscheinlich gilt die Form der freien Endigung für die große Mehrzahl der sensibeln Nerven; denn auf weiten Strecken der Haut finden sich die specifischen Endapparate nur spärlich verbreitet, und noch seltener kommen diese in den innern Organen vor, welche Gemeinempfindungen vermitteln. Unmittelbar vor ihrer freien Endigung pflegen sich die Nervenfasern in feine, einen Terminalplexus bildende Fibrillen zu spalten, wie am deutlichsten an der die Hornhaut des Auges überziehenden Epithelschichte zu beobachten ist (Fig. 91)[1]. Ein Uebergang der Fibrillen in Ober-

---

[1]) Cohnheim, Virchow's Archiv, XXXVIII, S. 343. Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1868. Engelmann, Die Hornhaut des Auges. Leipzig 1867, S. 15. Izquierdo, Beiträge zur Kenntniss der Endigung der sensibeln

hautzellen oder in besondere zwischen den letzteren gelegene Endzellen ist mehrfach behauptet worden, konnte aber von den meisten Beobachtern nicht bestätigt werden[1]).

Specielle Endapparate, die sichtlich zur Aufnahme und Uebertragung der Reize an die Nervenfasern bestimmt sind, treten uns theils in der Haut, theils in empfindlichen Schleimhäuten, wie der Bindehaut des Auges, theils endlich in verschiedenen inneren Organen, wie in den Gelenkkapseln und im Mesenterium mancher Thiere, entgegen. Die beiden einfachsten Formen sind die Tastzellen (Tastkugeln, Tastkolben) auf der einen und die Endkolben auf der andern Seite. Die Tastzellen treten in einer



Fig. 92 A. Kleinere Tastzellen aus der Epidermis des Schweinsrüssels, mit an sie herantretenden Nervenfasern, mit Goldchlorid behandelt, durch die dunklere Färbung von den Oberhautzellen verschieden. (Nach Kölliker.)

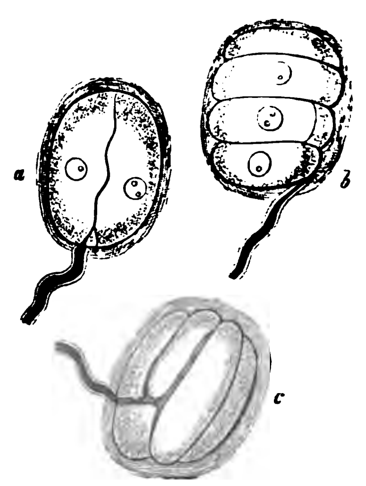


Fig. 92 B. Größere Tastzellen: *a* aus der Wachshaut des Entenschnabels; *b* und *c* von Zungenpapillen desselben Thieres. (Nach Frey.)

kleineren und einer größeren Form auf. Die erstere liegt in der Tiefe der Oberhaut, wo die Endfibrillen entweder direct an sie selbst oder an eine ihr anliegende kleine Scheibe, die Tastscheibe, herantreten (Fig. 92 A).

Nerven. Straßburg 1879. Nach Kühne und Izquierdo sollen übrigens die im eigentlichen Hornhautgewebe (c Fig. 91) endigenden Primitivfibrillen in die protoplasmatischen Ausläufer der Corneazellen übergehen. (A. a. O. S. 25.)

1) So beschrieb Hensen (Archiv f. mikroskop. Anat. IV, S. 116) in der Haut des Frosches ein Eindringen der Primitivfibrillen in die Oberhautzellen, Langerhans (Virchow's Archiv, 1868, S. 111) in der Haut des Menschen eine Verbindung der Fibrillen mit besonderen sternförmigen Zellen im Rete Malpighi. Diese Langerhans'schen Zellen stehen aber nach allen späteren Beobachtern nicht im Zusammenhang mit Nervenfasern. (Vgl. Kölliker, Gewebelehre, 6. Aufl. I S. 170 ff.)

Die größere Form besteht aus zwei oder mehreren umkapselten größeren Zellen, den **Deckzellen**, zwischen denen sich scheibenförmige Gebilde, die **Tastscheiben**, befinden. Die letzteren sind in der Regel parallel der Hautoberfläche gelagert (Fig. 92 *B*). Nach MERKEL, dem Entdecker dieser Gebilde, dringen die Endfasern in die Zellen selbst ein, nach den meisten andern Beobachtern endigen sie entweder frei an den Tastscheiben oder in denselben. Uebrigens sind diese wahrscheinlich als umgewandelte Zellen aufzufassen[1]).

Die von W. KRAUSE aufgefundenen Endkolben bestehen aus einer Kapsel, in welche eine oder mehrere Nervenfasern eintreten; diese endigen hier frei und meistens, wie es scheint, mit knopfförmigen Anschwellungen in dem dickflüssigen Inhalt der Kapsel, welcher aus dem Protoplasma mit einander verschmolzener Zellen hervorgegangen ist (Fig. 93). Diese beiden einfachen Endapparate scheinen nun eine wachsende Differenzirung erfahren zu können. Als complicirte Tastkugeln sind wahrscheinlich die **Tastkörper** zu betrachten, welche gleich jenen vorzugsweise auf der Tastfläche der äußeren Haut, beim Menschen z. B. besonders zahlreich an den Fingerspitzen, vorkommen. Auch sie bestehen aus einer Kapsel, welche von zahlreichen Zellen erfüllt ist; die letzteren scheinen aber hier comprimirt und verklebt zu sein, so dass nur noch ihre Kerne deutlich zu erkennen sind. Mehrere markhaltige Nervenfasern dringen in das Innere des Kolbens ein (Fig. 94). Wie der Tastkörper aus der Tastkugel, so scheint sich endlich die letzte Form solcher Endapparate, der VATER'sche (oder PACINI'sche) **Körper**, aus dem Endkolben entwickelt zu haben. Diese Körper, welche die voluminöseste, oft über 2 Millim. in ihrer Länge erreichende Form sensibler Apparate darstellen, finden sich hauptsächlich in tiefer gelegenen Theilen, unter der Haut, außerdem im Mesenterium, in den Gelenkkapseln. Jeder derselben bildet ein mehrschichtiges Kapselsystem, in dessen Innerem ein von einem Nervenfaden durchzogener Canal sich befindet. Der Nervenfaden theilt sich zuletzt in mehrere, oft in zahlreiche Fibrillen, die schließlich in Endknospen auslaufen (Fig. 95)[2]).

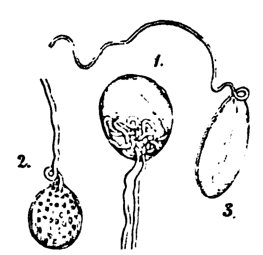


Fig. 93. Drei Endkolben aus der Bindehaut des Auges, vom Menschen. (Nach KÖLLIKER.) 1 Mit zwei Nervenfasern, die innerhalb des Endkolbens einen Knäuel bilden. 2 Mit Fettkörnchen im Innern. 3 Mit einer Nervenfaser, die kolbenförmig im Innern endigt.

1) MERKEL, Archiv f. mikroskop. Anatomie XI, S. 636, XV, S. 415. Ueber die Endigungen der sensibeln Nerven in der Haut der Wirbelthiere. Rostock 1880.

2) Ueber die mannigfachen Abweichungen in der Form dieser Endigung vgl. die Abbildungen von AXEL KEY und RETZIUS, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Stockholm 1876, II, Tafel XXVIII.

Unsere Muthmaßungen über die physiologische Bedeutung dieser Endgebilde sind ganz und gar auf die Schlüsse beschränkt, die sich aus ihrer Structur und Verbreitungsweise entnehmen lassen. Mit Rücksicht auf die letztere liegt der Gedanke nahe, dass die Tastzellen und die Tastkörper Organe des eigentlichen Tastsinns, die Endkolben und VATER'schen Körper solche der Gemeinempfindungen sein möchten. Gleichwohl wird man hieraus noch nicht auf eine specifisch verschiedene Function dieser beiden Entwicklungsformen schließen dürfen. Denn erstens sind die Gemeinempfindungen selbst von den Empfindungen des Tastsinns wahrscheinlich nicht specifisch verschieden (S. 285); zweitens entbehren solche Flächen,



Fig. 94. Hautpapille mit Tastkörperchen vom Menschen. (Nach KÖLLIKER.) *a* Rindenschichte der Papille, aus Bindesubstanz mit feinen elastischen Fasern bestehend. *b* Tastkörperchen, mit queren Kernen besetzt, *c* zutretende Nervenstämmchen. *d* Nervenfasern, die das Körperchen umspinnen. *e* scheinbares Ende einer solchen.

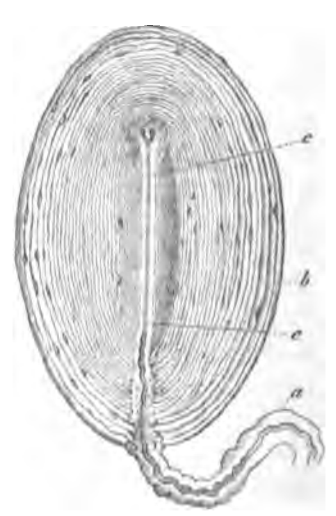


Fig. 95. VATER'scher Körper aus dem Gekröse der Katze. (Nach FREY.) *a* Nerv mit seiner Hülle. *b* Kapselsysteme des Körpers. *c* Axencanal, in welchem die Nervenfaser endigt.

wie die Conjunctiva, in denen sich nur Endkolben vorfinden, nicht der Tastempfindlichkeit; drittens sind die Hauptformen der Endapparate durchaus nicht in solcher Weise verschieden in ihrem Bau, dass sie gänzlich abweichende Transformationen der äußeren Reize vermuthen lassen, vielmehr scheint es, dass sie alle wesentlich den Zweck haben, die freien Endigungen der sensibeln Nerven theils mit einer schützenden Kapsel zu umgeben, theils ihnen eine feste elastische Unterlage gegenüber den Druckreizen darzubieten. Noch weniger kann daran gedacht werden, die verschiedenen Qualitäten des Tastsinns verschiedenen Formen dieser Endapparate zuzuweisen. Wäre letzteres der Fall, so könnten nicht die abweichenden Endgebilde an verschiedene Theile des Körpers vertheilt,

sondern sie müssten an jeder Stelle vereinigt sein, da wir überall Druck- und Temperaturreize empfinden. Am meisten aber spricht gegen derartige Deutungsversuche die oben schon hervorgehobene Thatsache, dass weite Strecken des Tastorgans, wie Rumpf und Hals, Schenkel und Arme u. a., der meisten dieser Endapparate entbehren, so dass, wenn z. B. die Tastkörper und Endkolben allein die Druckempfindungen vermitteln könnten, unsere Haut auf weiten Strecken gegen Druck unempfindlich sein müsste. Demnach werden wir in allen jenen Endorganen nur Hülfsapparate sehen können, welche zwar auf die Zuleitung der Sinnesreize, nicht aber auf die Beschaffenheit der von denselben in den sensibeln Nerven ausgelösten Erregungsvorgänge von Einfluss sind. Diese Vermuthung wird wesentlich durch den Umstand unterstützt, dass es nicht bloß zahlreiche freie Nervenendigungen an der Tastoberfläche gibt, sondern dass insbesondere auch in den Tastapparaten selbst die Fibrillen nicht in Zellen einzudringen, sondern frei zu endigen scheinen. Insbesondere fällt noch ins Gewicht, dass an der Oberfläche der Hornhaut, an der sich eine Menge feinster Endfibrillen zwischen den Oberhautzellen findet, die Tastapparate ganz fehlen und nur die Form der freien Endigung nachgewiesen werden konnte, während doch die Hornhaut für Druck- wie Temperaturreize empfindlich ist[1]. Hiernach darf man wohl annehmen, dass die Endapparate hier nicht an der specifischen Qualität der Empfindung betheiligt sind, sondern dass sie nur die Empfindlichkeit für mäßige Druckreize erhöhen, indem sie die Nerven mit straff gespannten elastischen Kapseln umhüllen, welche schwache Druckbewegungen leicht auf ihren Inhalt fortpflanzen, wogegen starke Einwirkungen durch sie ermäßigt werden. Zu diesen vorzugsweise in den Endkolben und VATER'schen Körpern ausgebildeten Schutzeinrichtungen kommt aber bei den Tastkugeln und Tastkörpern noch die polsterförmige Unterlagerung der den Kapselinhalt bildenden Zellen unter die Endausbreitung der Nerven, wodurch die Wirksamkeit schwacher Druckreize verstärkt werden muss. Für die Temperaturreize fehlt es bis jetzt an der Nachweisung jeder Art besonderer Endapparate oder solcher Einrichtungen, die etwa die Einwirkung der äußeren Reize begünstigen könnten. Auf diese Weise bleiben wir vorläufig auf die Voraussetzung angewiesen, dass in dem Tastorgan die Nervenfasern selbst die Träger der verschiedenen Erregungszustände sind, die wir als Druck, Wärme, Kälte oder Schmerz empfinden, und dass demnach die verschiedene Qualität dieser Empfindungen nicht in besonderen, den Reiz modificirenden Erregungen, sondern in den verschiedenen Vorgängen ihre Quelle hat,

[1] WALTER, Ueber die Sensibilitätsverhältnisse der menschlichen Cornea. Diss. Erlangen 1878.

welche jene Reizformen direct im Nerven erzeugen. Da der Druck mechanische Erschütterung, die Wärme eine Beschleunigung der Molecularbewegungen und zugleich Steigerung der nutritiven Processe, die Kälte dagegen eine Abnahme dieser Processe zur Folge hat, so sind in diesen verschiedenen Wirkungen der Reize an sich zureichende Ursachen für abweichende Empfindungsqualitäten gegeben. Es bleibt aber allerdings die Schwierigkeit, dass es nicht bloß für die Druckreize, bei denen dies durch die Existenz besonderer Hülfsapparate im allgemeinen verständlich wird, sondern, wie wir sehen werden, auch für die Temperaturreize Punkte größter Empfindlichkeit auf der Hautoberfläche gibt, und dass diese sogar für Wärme und Kälte verschieden zu sein scheinen[1]. Aber es ist nicht undenkbar, dass diese qualitativen Differenzen der Reizbarkeit nicht an die Vertheilung verschiedener Endgebilde, sondern an die verschiedenartige Reizbarkeit der einzelnen Theile des Nervenverlaufs gebunden sind. Die Thatsache, dass die größte Druckempfindlichkeit überall den Endgliedern der Tastorgane, die größte Temperaturempfindlichkeit dagegen den Eintritts- und Verbreitungsorten der gröberen Nervenzweige der Haut zukommt, legt die Vermuthung nahe, dass die Endfibrillen am meisten durch Druck, größere Faserverbände dagegen durch Temperaturreize erregt werden. Die vorzugsweise Wirkung der Kälte auf gewisse Punkte, der Wärme auf andere könnte dann wieder auf äußeren Bedingungen beruhen, vermöge deren ein bestimmter Nervenzweig bald den Wirkungen der ersten, bald den entgegengesetzten der zweiten auf die Molecularbewegungen zugänglicher ist[2].

Den vier speciellen Sinnesorganen ist die Einrichtung gemeinsam, dass die Endfibrillen der Sinnesnerven in zellenartigen Gebilden endigen, welche sowohl die Bedeutung von Ganglienzellen wie die von metamorphosirten Epithelzellen besitzen. Am einfachsten gestalten sich diese Verhältnisse beim Geruchs- und Geschmacksorgan, wo die Endzellen in ihrem mittleren Theil als Ganglienzellen sich darstellen, die hinten in eine Axenfaser übergehen und vorn gegen die freie Sinnesfläche in einen epithelartigen Faden oder stiftförmigen Fortsatz auslaufen. Zwischen diesen nervösen Endzellen sind überall wahre Epithelzellen, sogenannte Stützzellen, gelagert. In der Geruchsschleimhaut sind die Riechzellen von Stützzellen von cylindrischer Form

---

1) Vgl. unten Cap. IX, 1.

2) Nimmt man, wie es die Structur und Verbreitung der speciellen Tastapparate durchaus nahe legt, für die Druckempfindung die freie Nervenendigung in Anspruch, so ließen sich am ehesten noch wegen ihrer muthmaßlich weiten Verbreitungsweise die kleineren MERKEL'schen Tastzellen als Endgebilde des Temperatursinns deuten. Aber der Umstand, dass im Hornhautepithel überhaupt nur eine freie Nervenendigung nachzuweisen ist, steht auch dieser Annahme im Wege.

umgeben (Fig. 96). Jene besitzen einen ovalen Zellkörper, der hinten in den Nervenfaden, vorn in einen stäbchenförmigen Fortsatz übergeht, welcher an der Oberfläche der Schleimhaut entweder mit einem abgestumpften Ende aufhört (bei den Säugethieren) oder in ein Büschel langer Cilien sich auflöst (bei den Amphibien und Vögeln)[1]. Von diesem Verhalten unterscheiden sich die Endorgane des Geschmackssinns schon dadurch, dass sie auf scharf begrenzte Stellen der Zungenschleimhaut beschränkt sind. Die Geschmackszellen liegen nämlich bei den Säugethieren in flaschenförmigen Vertiefungen der Schleimhaut, welche von einer eigenthümlich gestalteten Fortsetzung des Epithels ausgekleidet werden. Die in diesen Vertiefungen, den Schmeckbechern oder Geschmacksknospen (Fig. 97), gelagerten Stütz- oder Deckzellen sind von spindelförmiger Gestalt (Fig. 98 *b*); in dem von ihnen umschlossenen Hohlraum finden sich dann die eigentlichen Geschmackszellen (ebend. *a*). Sie sind ebenfalls spindelförmig, unterscheiden sich aber theils durch ihren größeren Kern, theils durch stark verjüngte Fortsätze, in welche ihre beiden Enden übergehen. Der nach innen gerichtete Fortsatz wächst wieder unmittelbar zu einem feinen Nervenfaden aus, der nach außen gerichtete endet entweder mit einem der Oberfläche zugekehrten kurzen stiftförmigen oder mit einem längeren cylindrischen Fortsatz: Stiftzellen und Stäbchenzellen (SCHWALBE). Die Nervenfasern bilden, ehe sie zu stärkeren Nerven sich sammeln, ein Geflecht, in welches auch Ganglienzellen eingeschaltet sind[2]. Offenbar

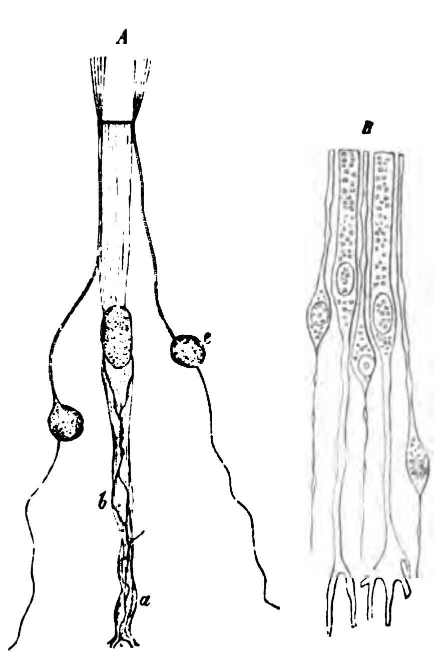


Fig. 96. *A* Epithelzelle und zwei Riechzellen vom Proteus, nach BABUCHIN. *a* Epithelzelle, mit großem ovalem Kern, das hintere Ende (bei *b*) mit feinen faserigen Fortsätzen versehen. *e* Riechzelle. *B* Epithel- und Riechzellen vom Menschen, nach M. SCHULTZE.

1) SCHULTZE, Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. Halle 1862. BABUCHIN in STRICKER's Gewebelehre, S. 964 ff. EXNER, Sitzungsber. der Wiener Akad. 3. Abth. LXIII, LXV, LXXVI. SUCHANNEK, Arch. f. mikr. Anat. XXXVI, S. 375 ff. v. BRUNN, ebend. XXXIX, S. 632 ff.

2) Etwas abweichend verhalten sich die Geschmacksorgane der Amphibien. Bei ihnen bilden dieselben scheibenförmige Epithelinseln, auf welchen zwischen cylindrischen

sind also die Riech- und Geschmackszellen Endorgane von sehr ähnlicher Beschaffenheit. Bei beiden sind es stäbchen- oder cilienförmige Fortsätze der Zelle, auf welche zunächst die Sinnesreize einwirken. Solche Fortsätze können nun im allgemeinen leicht durch äußere Einwirkungen in Bewegung gesetzt werden, insbesondere aber gehören die chemischen Reizmittel zu den stärksten Erregern der Cilienbewegungen[1]).

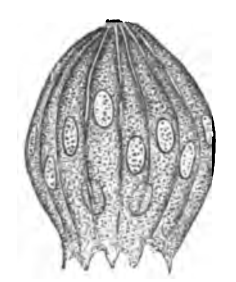


Fig. 97. Schmeckbecher aus dem seitlichen Geschmacksorgan des Kaninchens. (Nach ENGELMANN.)



Fig. 98. *a* Geschmackszellen, *b* eine Geschmackszelle und zwei Deckzellen isolirt; aus dem seitlichen Geschmacksorgan des Kaninchens. (Nach ENGELMANN.)

Von den am Gehörapparat des Menschen und der höheren Thiere unterschiedenen Theilen, den Ampullen mit den Bogengängen und der Schnecke (Fig. 86 S. 295), stehen die ersteren, wie bereits bei der Entwicklung der Sinnesorgane bemerkt wurde, in den differenzirten Gehörorganen der höheren Thiere zu der qualitativen Mannigfaltigkeit der Schallempfindungen, namentlich zu den Klangempfindungen in keiner Beziehung mehr. Vielmehr scheinen dieselben ein dem äußeren Tastorgan zugeordneter Sinnesapparat zu sein, der innere Druckempfindungen vermittelt, welche an der Vorstellung des Körpergleichgewichts betheiligt sind. Immerhin machen es die physikalischen Eigenschaften dieses Apparates nicht unwahrscheinlich, dass auch stärkere Schallschwingungen als Druckreize auf ihn einwirken können, so dass der in der räumlichen Lage des peripherischen Organes und in der Vereinigung seiner Nervenfasern mit dem Stamm des Hörnerven zum Ausdruck kommenden genetischen fortan auch eine gewisse functionelle Beziehung entsprechen mag. Uebrigens stehen die Bauverhältnisse des Ampullenapparates in so engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Vorstellungen von der

Epithelzellen die eigentlichen Geschmackszellen liegen. Diese sind hier ebenfalls spindelförmige, an einem Nervenfaden aufsitzende Zellen, welche aber nach vorn in einen gabelförmig gespaltenen Fortsatz übergehen. Vgl. TH. W. ENGELMANN, STRICKER's Gewebelehre. S. 822 ff. SCHWALBE, Lehrb. der Anatomie der Sinnesorgane. Erlangen 1887, S. 38 ff. HÖNIGSCHMIED. Zeitschr. f. wiss. Zoologie XXIX, S. 255.

1) ENGELMANN, Die Flimmerbewegung. Leipzig 1868, S. 38, 143.

eigenen Bewegung des Körpers, dass erst bei der Betrachtung der letzteren auf jene näher eingegangen werden kann [1]).

In den Ampullen gehen die Nervenfibrillen in spindelförmige Zellen über, deren jede, von gewöhnlichen Cylinderepithelzellen umgeben, an ihrem freien Ende mit einem steifen haarförmigen Fortsatz versehen ist [2]). In der **Schnecke**, dem eigentlichen Endorgan des Gehörsinns, hängen die Fasern des Hörnerven mit Zellen zusammen, deren jede ein Büschel borstenförmiger Fortsätze trägt; auch hier sind diese Zellen von gewöhnlichen cylindrischen Epithelzellen umgeben. Charakteristisch für die Acusticusendigung sind aber nicht sowohl die Endgebilde selbst als vielmehr die ihnen beigegebenen Hülfsapparate.

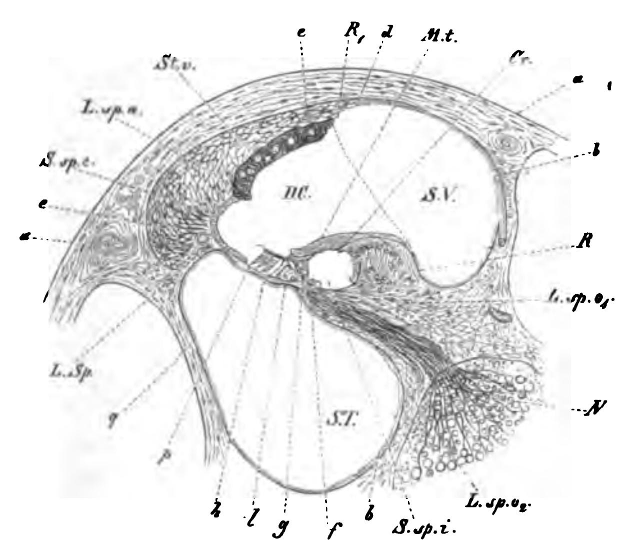


Fig. 99. Senkrechter Durchschnitt der zweiten Schneckenwindung von Vesperugo. Vergr. 100. (Nach WALDEYER.) *S. V.* Vorhofstreppe (scala vestibuli). *S. T.* Paukentreppe (scala tympani). *D.C.* häutiger Schneckencanal (ductus cochleae). *a* knöcherne Schneckenwand. *b* Periost. *e* Bindegewebspolster nach innen vom Periost. *d* Uebergangsstelle desselben in das Periost. *St. v.* innerster gefäßreicher Theil des Bindegewebspolsters (stria vascularis). *L. sp.* bindegewebiger Vorsprung, der in das CORTI'sche Organ übergeht (ligamentum spirale). Nach oben davon ein ähnlicher kürzerer Vorsprung (*L. sp. a.* lig. spirale accessorium). *R* R_1 REISSNER'sche Membran, nur durch eine punktirte Linie angedeutet. *N* Schneckennerv, die Schneckenspindel durchsetzend, unten mit Ganglienkugeln zusammenhängend. *R—Cr* Crista spiralis. *Cr* vorspringender Theil derselben (Gehörzähne). *L. sp.* o_1, *L. sp.* o_2 Lamina spiralis ossea; *L. sp.* o_1 deren vestibulare, *L. sp.* o_2 deren tympanale Lamelle. *S. sp. i.* Sulcus spiralis internus, zwischen der Crista und Lamina spiralis gelegen. *S. sp. e.* Sulcus spiralis externus, zwischen den beiden ligamenta spiralia. *M. t.* Membrana tectoria. *L. sp.—f.* Grundmembran. *p—f* CORTI'sches Organ. *l* dünnste Stelle der Grundmembran mit den CORTI'schen Bogen darüber. *h* äußere Haarzellen. *g* Region der inneren Haarzellen.

Jene Endgebilde liegen nämlich in einem Raume, der von zwei zwischen den knöchernen Wänden der Schnecke ausgespannten Membranen (der rein bindegewebigen membrana Reissneri und der unmittelbar die Nerven-

[1]) Vergl. Abschn. III, Cap. XI. 4.

[2]) M. SCHULTZE, MÜLLER'S Archiv 1858, S. 343. RÜDINGER, STRICKER'S Gewebelehre, S. 898.

endigungen tragenden Grundmembran, lamina basilaris, umschlossen ist (Fig. 99). Die bei der natürlichen Lage der Schnecke innere, oder, wenn man sich die Spitze nach oben gekehrt denkt, die untere dieser Membranen, die Grundmembran (*f—L Sp*), ist an einer knöchernen Leiste befestigt, welche den Windungen des Schneckencanals folgend in denselben von der Spindel der Schnecke aus vorspringt, als sogenannte Crista spiralis (*R—Cr*). Der freie Rand der Leiste besitzt eine gezahnte Beschaffenheit und bildet auf diese Weise die Gehörzähne (*Cr*). Die Grundmembran und die äußere oder (bei nach oben gekehrter Spitze) obere jener Membranen, die Vorhofsmembran (auch Reissner'sche Membran genannt, *R*—R_1, in der Fig. nur punktirt angedeutet), umschließen zusammen den häutigen Schneckencanal (*D. C.*), welcher den Windungen der knöchernen Schnecke folgt, und durch welchen diese letztere in zwei Abtheilungen, in einen äußeren bz. oberen Gang, die Vorhofstreppe (*S. V.*), und in einen inneren bz. unteren, die Paukentreppe (*S. T.*), geschieden wird. Beide sind vollständig getrennt bis zur Schneckenspitze, wo sie durch eine Oeffnung mit einander communiciren. Die Vorhofstreppe mündet direct in den Vorhof; dem in ihr enthaltenen Labyrinthwasser theilen sich daher unmittelbar die Druckschwankungen mit, welche in der Flüssigkeit des Vorhofs entstehen, wenn die Membran des Vorhofsfensters (*o* Fig. 100), die mit dem Steigbügeltritt in Verbindung steht, durch die Gehörknöchelchen, denen das Trommelfell (*T*) seine Schwingungen mittheilt, in Bewegung geräth. Die Paukentreppe dagegen ist an ihrem äußern Ende, dem runden Fenster (*r*), durch eine besondere Membran, das Nebentrommelfell, gegen die Paukenhöhle geschlossen. Wird nun von den Gehörknöchelchen aus das Labyrinthwasser des Vorhofs in Bewegung gesetzt, so theilt sich diese der häutigen Schnecke und durch die letztere dem Labyrinthwasser der Paukentreppe mit, wie man sich nach Politzer mittelst eines in das runde Fenster eingesetzten Manometers überzeugen kann[1]. Auf diese Weise müssen also auch die im häutigen

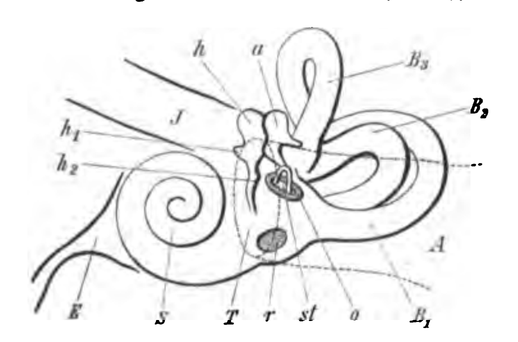


Fig. 100. Gehörlabyrinth mit den angrenzenden Theilen (halb schematisch). *A* äußerer Gehörgang (punktirt). *J* innerer Gehörgang (Weg des Hörnerven). B_1, B_2, B_3 Bogengänge. *S* Schnecke. *T* Trommelfell (punktirt). *E* Eustachische Röhre. *r* rundes, *o* ovales Fenster. *h* Hammer. *a* Ambos. *st* Steigbügel. h_1 kurzer Fortsatz des Hammers, Ansatzstelle des tensor tympani. h_2 langer Fortsatz (Griff) des Hammers, an das Trommelfell befestigt.

1) Politzer, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1861, S. 427.

Schneckencanal gelagerten Gebilde durch mechanische Erschütterungen, mögen dieselben ihnen von den Gehörknöchelchen oder durch das runde Fenster von der Luft der Paukenhöhle aus zugeleitet werden, in Bewegung gerathen [1]. Die zwischen der Vorhofs- und Grundmembran eingeschlossenen Theile, welche die Endigungen des Hörnerven enthalten, und welche man zusammen das Corti'sche Organ nennt (*f*—*p* Fig. 99), sind nun auch hier mehr oder minder modificirte Epithelformen. Zunächst sind nämlich sowohl auf den innern an der Schneckenspindel befestigten (*f*) wie auf den äußern mit der Circumferenz des Schneckencanals verwachsenen Theil der Grundmembran (*L. Sp.*) einige Reihen gewöhnlicher Epithelzellen aufgelagert *B* und *E* Fig. 101), dann folgen, nahe der Mitte der Grundmembran (bei *l* in Fig. 99), eigenthümliche bogenförmige Gebilde, die Corti'schen Bogen oder Pfeiler (*C* Fig. 101), zwischen denen und der Grundmembran eine Wölbung frei bleibt. Man unterscheidet eine Reihe innerer (gegen die Schneckenspindel gekehrter) und eine Reihe äußerer Bogen (*a* und *b* Fig. 102), die beide an ihren Köpfen sehr fest

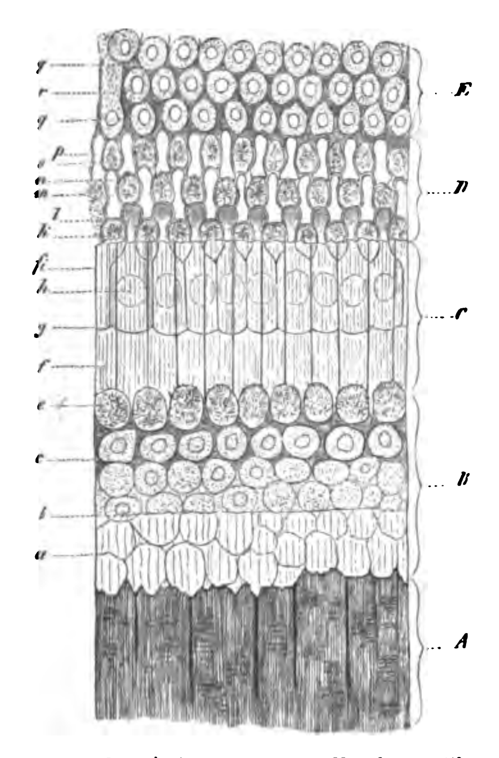


Fig. 101. Corti'sches Organ vom Hunde, vestibuläre Flächenansicht. Vergr. 700. (Nach Waldeyer.) *A* Crista spiralis. *B* Epithel des sulcus spiralis internus (*S. sp. i* Fig. 99). *a* Zellen, welche unter den Gehörzähnen durchschimmern. *b* Grenzlinien der Gehörzähne. *c*, nach innen von der crista spiralis gelegene Epithelzellen mit cuticularem Maschengewebe zwischen denselben. *e* Innere Haarzellen. *C* Corti'sche Bogen. *f* Innere Pfeiler. *h* Köpfe der äußeren Pfeiler, letztere durch die Kopfplatten (*fi*) der inneren Pfeiler durchschimmernd (*c* Fig. 102). *D* äußere Haarzellen mit Theilen der netzförmigen Membran zwischen ihnen. *k*, *m*, *o* erste, zweite und dritte Reihe der äußeren Haarzellen. *l* Kopfplatten der äußeren Corti'schen Bogen, auf welchen die erste Reihe der Haarzellen aufruht. *n*, *p* phalangenförmige Verlängerungen dieser Kopfplatten, auf denen die zweite und dritte Reihe der Haarzellen aufgelagert sind. *E* äußeres Epithel der Grundmembran, in den sulcus spiralis externus hineinreichend (*S. sp. e.* Fig. 99). *r* Epithelzellen. *q* Cuticulares Maschengewebe zwischen denselben.

[1] Rücksichtlich der näheren Betrachtung der schallzuleitenden Apparate des Gehörorgans und ihrer physiologischen Bedeutung muss hier auf die anatomischen und physiologischen Darstellungen verwiesen werden.

verbunden sind, indem die Zahl der inneren Pfeiler bedeutend größe
als die der äußern, so dass einer der letzteren immer zwischen den K
mindestens zweier innerer Pfeifer eingekeilt ist. Auf diesen aus h
knochenähnlicher Substanz bestehenden Corti'schen Bogen ruhen nur
mit den Acusticusfasern zusammenhängenden Haarzellen. Man untersch
eine innere einfache Reihe solcher Zellen, welche den Verlängeru
der inneren Pfeiler, den sogenannten Kopfplatten derselben, au
(*e* Fig. 101, *f* Fig. 102), und mehrere äußere Reihen auf den äuß
Pfeilern. Die letzteren führen zu diesem Zweck ebenfalls Verlängeru
oder sogenannte Kopfplatten, welche in mehrere Glieder, ähnlich
Phalangen der Finger, abgetheilt sind; jedes dieser Glieder entsp



Fig. 102. Bestandtheile des Corti'schen Organs vom neugeborenen Kinde. Profilan
Vergr. 800. (Nach Waldeyer.) *a* innerer, *b* äußerer Pfeiler eines Corti'schen Bo
c Kopfplatte des inneren, *d* Kopfplatte des äußeren Pfeilers. e_1—e_4 phalangenförmig
ängerungen der letzteren, *f* Haarbüschel einer inneren Haarzelle, letztere nicht erh
g_1—g_5 äußere Haarzellen. f_1—f_5 Haarbüschel derselben. *h* äußeres Epithel der G
membran.

einer Reihe Haarzellen (*l*, *n*, *p* und *k*, *m*, *o* Fig. 101, *d*—e_4 und *f*
Fig. 102). Die äußeren Haarzellen sind übrigens nur in der Schn
der Säugethiere zu finden: man zählt deren drei bei allen Säugethie
beim Menschen sowie beim Affen existirt meistens noch eine vierte R
indem einzelne Elemente der dritten nach außen geschoben werden.

Alle hier genannten Epithelialgebilde, eigentliche Epithelzellen, C
sche Bogen und Haarzellen, sind von Membranen überkleidet, w
wahrscheinlich als Ausscheidungsproducte der Epithelzellen zu betrac
sind. Zunächst werden diese von einer netzförmig durchbroch
Lamelle (lamina reticularis) bedeckt, deren siebförmige Oeffnungen
Köpfe der Haarzellen in sich aufnehmen, so dass nur die Cilien übe
vorragen (*c* und *q* Fig. 101, *d*—e_1 Fig. 102). Darüber kommt dann
zarte Membran, die sogenannte Deckmembran, welche alle an

Theile überzieht. Die Hörnervenfasern treten zunächst in die Spindel der Schnecke ein, durchsetzen hier kleine Ganglien (*N* Fig. 99), um dann durch die in regelmäßiger Anordnung neben einander gelegenen Löcher der Crista spiralis zum Corti'schen Organ zu treten. Zwischen diesen Löchern der Crista liegen die oben erwähnten Gehörzähnchen; in Fig. 99 ist eines derselben auf dem Durchschnitt (*Cr*), in Fig. 101 (*A*) sind sie auf der Fläche zu sehen. Unmittelbar nach ihrem Austritt aus der Crista spiralis durchsetzen die Nervenfasern ein Lager kleiner rundlicher Zellen, welche wahrscheinlich die Bedeutung von Ganglienzellen besitzen; ihre letzten Ausläufer treten dann mit den Haarzellen in Verbindung[1]).

Unsere Vermuthungen über die physiologische Bedeutung der das Corti'sche Organ zusammensetzenden Theile stützen sich auf die psychologische Thatsache, dass der Gehörssinn ein analysirender Sinn ist. Wir vermögen unter günstigen Bedingungen unmittelbar in der Empfindung eine Klangmasse, falls sie nicht allzu zusammengesetzt ist, in ihre einzelnen Bestandtheile zu zerlegen. Hieraus lässt sich schließen, dass jeder dieser Bestandtheile ein besonderes Endorgan in unserm Ohr in Erregung versetzt, so dass wir eine zusammengesetzte Erregung als eine gewisse Summe einfacher Erregungen empfinden. Helmholtz hat diese hervorragende Eigenschaft unseres Gehörssinns aus der Mechanik des Mittönens abgeleitet[2]). Wenn wir bei aufgehobenem Dämpfer gegen den Resonanzboden eines Klaviers singen, so gerathen diejenigen Saiten in Mitschwingung, deren Töne in dem gesungenen Klang als Bestandtheile enthalten sind. Dächten wir uns also jede Saite empfindend, so würde das Klavier eine ähnliche Klanganalyse ausführen, wie sie in unserm Ohr stattfindet. Demnach nimmt man an, die den einzelnen Fasern des Hörnerven anhängenden Endgebilde seien in der Weise verschieden abgestimmt, dass jeder einfache Ton immer nur bestimmte Nervenfasern in Erregung versetze. Man hat früher in den Corti'schen Bogen solche abgestimmte Endapparate vermuthet[3]). Nachdem nachgewiesen ist, dass die Corti'schen Bogen nicht direct mit Nervenfasern zusammenhängen, und dass sie überdies in der Schnecke der Vögel und Amphibien ganz fehlen[4]), lässt sich diese Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten. Von den

---

1) Vgl. W. Waldeyer, Hörnerv und Schnecke in Stricker's Gewebelehre, S. 915 und die ebend. S. 961 angeführte Literatur. Retzius, Das Gehörorgan der Wirbelthiere. II. Stockholm 1884. Böttcher, Archiv f. Ohrenheilkunde. XXIV, S. 1, 95 ff.

2) Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, 3. Aufl. S. 219 ff.

3) Helmholtz in den zwei ersten Ausgaben seiner Lehre von den Tonempfindungen. In der dritten (S. 229) hat er sich der Hensen'schen Hypothese angeschlossen, dass die Grundmembran je nach der verschiedenen Breite ihrer Abschnitte auf verschiedene Töne abgestimmt sei. Siehe unten.

4) Hasse, Zeitschr f. wissensch. Zoologie XVII, S. 56, 461, XVIII, S. 72, 359.

Haarzellen, den wirklichen Endgebilden der Nervenfasern, kann man aber wegen ihrer außerordentlich geringen Masse nicht annehmen, dass sie nur durch bestimmte Töne erregbar seien. Vielmehr werden die Cilien, sobald das Labyrinthwasser durch Schallschwingungen in Bewegung geräth, dieser Bewegung folgen: es werden daher, wenn ein einfacher Ton in das Ohr dringt, alle Cilien mitschwingen, und eine zusammengesetzte Klangmasse wird sie ebenfalls in Schwingungen versetzen. Eine Analyse der Klänge kann demnach nicht durch die Nervenendigungen selbst, sondern nur durch die in ihrer Umgebung befindlichen Theile zu Stande kommen. Hier liegt es nun am nächsten an die Grundmembran zu denken, die, worauf Hensen[1]) zuerst aufmerksam machte, an ihren verschiedenen Stellen eine hinreichend verschiedene Breite besitzt, um eine Abstimmung für alle dem menschlichen Ohr zugänglichen Tonhöhen annehmen zu lassen. Es nimmt nämlich von der Basis gegen die Spitze der Schnecke die Grundmembran in ihrem Querdurchmesser stetig zu, so dass sie am oberen Ende etwa 12 mal so breit ist als am unteren Anfang des Schneckencanals. Die einzelnen Theile derselben müssen sich demnach, da die Spannung der Membran in ihrer Länge verschwindend klein gegen die quere Spannung zu sein scheint, wie Saiten von verschiedener Länge verhalten, indem die breiteren Theile auf tiefere, die schmäleren auf höhere Töne abgestimmt sind. Zweifelhafter ist die Rolle der Corti-schen Bogen. Vielleicht sind sie zur Dämpfung der Schwingungen bestimmt, wozu sie bei ihrer bedeutenden Festigkeit wohl geeignet scheinen[2]). Den Mechanismus der Acusticusreizung haben wir uns demnach wahrscheinlich folgendermaßen zu denken. Zunächst werden durch die dem Labyrinthwasser mitgetheilten Schallbewegungen die Cilien der Haarzellen in Schwingungen versetzt, die im allgemeinen zusammengesetzter Natur sind. Der auf einen gewissen Ton abgestimmte Theil der Grundmembran geräth aber von seinen Hörhaaren aus nur dann in merkliche Mitschwingungen, wenn der Eigenton des Membranabschnitts ein Bestandtheil des gehörten Klanges ist. Durch die stark schwingenden Theile der Grundmembran können dann entweder unmittelbar oder mittelst der an ihnen befestigten Stiele der Corti'schen Bogen die darunterliegenden Acusticusfasern so gereizt werden, dass sie in der Zeiteinheit eine der Schwingungszahl

---

1) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie XIII, S. 481.

2) Waldeyer, a. a. O. S. 952. Eine andere Vermuthung hat Helmholtz aufgestellt. Er glaubt, dass die Corti'schen Bogen, als relativ feste Gebilde, bestimmt seien, die Schwingungen der Grundmembran auf eng abgegrenzte Bezirke des Nervenwulstes zu übertragen. (Tonempfindungen, 3. Aufl., S. 229.) Weitere Muthmaßungen über die Beziehungen der Endgebilde zu den Nervenfasern vgl. bei Böttcher, Arch. f. Ohrenheilk. XXV, 1887, S. 1 ff.

des betreffenden Tones entsprechende Zahl von Stößen empfangen. Physiologische Thatsachen, die wir später (in Cap. IX, 3) kennen lernen werden, machen es jedoch in hohem Grade wahrscheinlich, dass Schwingungen sowohl wie überhaupt intermittirende mechanische Erregungen, die den Hörnerven selbst, ohne Dazwischenkunft jenes im CORTI'schen Organ gelegenen Resonanzapparates treffen, ebenfalls Schallempfindungen auslösen können. Vielleicht ist die Spindel der Schnecke, in der sich der Hörnerv in feine, von zahlreichen bipolaren Ganglienzellen unterbrochene Fibrillen auflöst, der Ort dieser Erregung, die wohl vorzugsweise durch die Kopfknochen zugeleitet wird, möglicher Weise aber auch durch die von den Schwingungen der Hörhaare ausgehenden Erregungen verstärkt werden kann. Hiernach würde jede Schallreizung im allgemeinen einen zweifachen Effect haben: einen diffusen, der von den Gesammtschwingungen der Hörhaare und von der directen Reizung der Acusticusfibrillen ausgeht, und einen electiven, der in den Partialschwingungen des Resonanzapparates seine Quelle hat. Da beide nur specielle Formen intermittirender mechanischer Reizung sind, so werden sie sich ohne weiteres zu Totalempfindungen verbinden, in denen je nach den besonderen Bedingungen bald die elective bald die diffuse Form der Erregung überwiegt.

Die bisher betrachteten Organe der Specialsinne bieten bei aller Structurverschiedenheit insofern eine gewisse Analogie dar, als die nächsten Endgebilde der Nerven mehr oder minder veränderte Epithelialzellen mit stäbchen- oder haarförmigen Anhängen sind, welche als Angriffspunkte äußerer Bewegungen besonders geeignet erscheinen. Wesentlich anders verhält sich die Nervenendigung im Auge. Zwar als metamorphosirte Epithelialzellen sind auch hier die Endorgane der Nervenfasern, die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, anzusehen; aber sowohl die Formbeschaffenheit dieser Zellen wie die Art ihres Zusammenhangs mit den Opticusfasern verhält sich durchaus eigenthümlich. Die letzteren, die schon im Opticusstamm der SCHWANN'schen Primitivscheide entbehren, breiten sich von der Eintrittstelle des Sehnerven an strahlenförmig über die ganze Innenfläche der Netzhaut aus (*2* Fig. 103). Aller Orten biegen dann Opticusfasern nach außen sich um und treten in große Ganglienzellen ein, welche von innen nach außen gezählt die zweite Hauptschicht der Netzhaut, die Ganglienzellenschichte, ausmachen (*3*). Jede dieser Ganglienzellen entsendet nach außen mehrere sich theilende Fortsätze, die in eine dritte ziemlich breite Schichte, welche großentheils aus sehr feinen Körnern besteht, die innere granulirte Schichte, hineinragen (*4*). Auf sie folgt eine Schichte kleinerer Nervenzellen, die sogenannte innere Körnerschichte (*5*), dann nochmals ein schmaler Saum aus feinkörniger Masse, die äußere granulirte

Schichte (*6*). Nach außen von ihr schließt sich eine letzte Schichte nervöser Zellen, die sogenannte äußere Körnerschichte an (7), die, zumeist aus sternförmigen größeren und kleineren Zellen bestehend, bis dicht an die Schichte des Nervenepithels, die Stäbchen und Zapfen (*9*), heranreicht. Es werden nämlich nun in verschiedener Höhe feinere oder breitere Fasern durch Zellen oder Körner unterbrochen (äußere Körnerschichte 7), um auf der andern Seite in die den äußeren Umfang der Retina einnehmenden Terminalgebilde, die Stäbchen und Zapfen, überzugehen (*9*). Nicht bloß die Zellen der speciell so genannten Nervenzellenschichte, sondern auch die der äußeren und inneren Körnerschichte besitzen den Charakter von Ganglienzellen; nur sind die letzteren kleiner, die inneren Körnerzellen sind überdies bipolar gestaltet. Zahlreiche Opticusfasern gehen nun unmittelbar in die Axenfasern der großen, die innerste Schichte der Retina bildenden Nervenzellen (*cp*, G_3 Fig. 104) sowie, die zwischenliegenden Schichten durchsetzend, in Axenfasern von Zellen der äußeren Körnerschichte (G_1) über. Andere Opticusfasern scheinen sich dagegen in der inneren granulirten Schichte in feine Fibrillen zu spalten, ohne direct mit Zellen in Verbindung zu treten (*cf*). Ebenso befinden sich die bipolaren Zellen der inneren Körnerschichte (G_2 Fig. 104) anscheinend außer directem Zusammenhang mit Nervenfasern: ihr äußerer Fortsatz erstreckt sich weit in die Schichte der Nervenzellen, um dort frei zu endigen, ihr innerer löst sich ebenfalls in dem

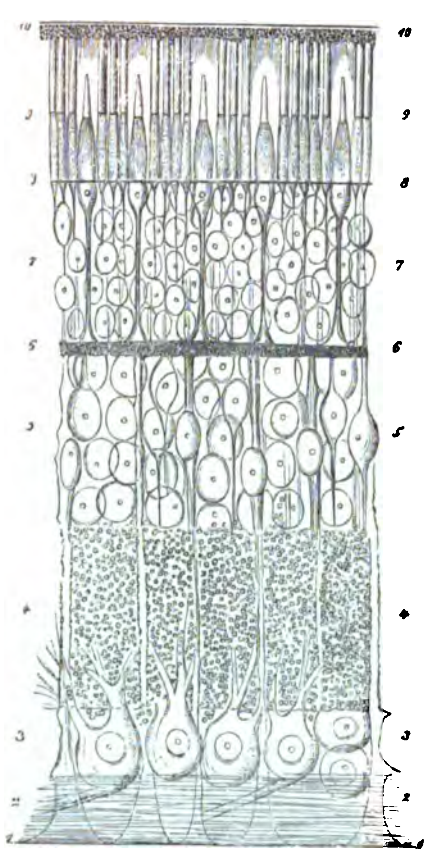


Fig. 103. Uebersicht der Schichten in der Netzhaut des Menschen. Vergr. 400. (Nach M. SCHULTZE.) *1* structurlose innere Grenzmembran (Membrana limitans interna). *2* Opticusfaserschichte. *3* Ganglienzellenschichte (auch Ganglion opticum genannt). *4* innere granulirte oder reticuläre Schichte. *5* innere Körnerschichte. *6* äußere granulirte oder reticuläre Schichte (auch Zwischenkörnerschichte genannt). *7* äußere Körnerschichte. *8* äußere Grenzmembran, welche von den Stäbchen und Zapfen siebförmig durchbrochen ist (Membrana limitans externa). *9* Stäbchen- und Zapfenschichte. *10* Pigmentschichte.

Fibrillennetz der inneren Körnerschicht auf. Demnach scheinen sie nicht dem Zusammenhang der durch Axenfasern der äußeren und inneren Ganglienzellen den Sehnerven zugeführten centripetalen Leitung anzugehören. Vielmehr scheinen sie nach ihrer Verbindungsweise das Endglied eines centrifugal gerichteten Leitungssystems zu bilden, welches den im Mittelhirn gelegenen Opticuskern mit der Retina verbindet, und welchem die nicht in Axenfasern übergehenden Opticusfasern (*cf*) angehören[1]). Wahrscheinlich stehen dann innerhalb der Netzhaut das centripetale und centrifugale Leitungssystem mit einander mittelst der feinen Fibrillenausläufer der Zellen entweder direct oder durch die Punktsubstanz der granulirten Schichten in Verbindung. Den Zusammenhang des Sehnerven mit seinen Endgebilden können wir demnach theils nach den Ergebnissen der mikroskopischen Zergliederung der Retina theils nach der Analogie der sonst über die morphologischen Substrate der Nervenleitungen bekannten Thatsachen wahrscheinlich folgendermaßen uns vorstellen (Fig. 104): die Mehrzahl der Opticusfasern (*cp*) tritt zunächst theils in die großen Ganglienzellen (G_3) theils auf einem weiteren Wege in die weiter nach außen gelegenen sternförmigen Ganglienzellen (G_1) ein; aus diesen kommen dann dendritenartige Fibrillen hervor, die die granulirten und Körnerschichten durchsetzen und durch letztere in noch näher zu erforschender Weise mit den Stäbchen und Zapfen in Verbindung treten. Anderseits beginnt in den inmitten des Nervenepithels endigenden äußeren Fortsätzen der bipolaren Ganglienzellen (G_2) muthmaßlich eine centripetale Bahn, welche in dem Fibrillennetz, in das die inneren Fortsätze jener Zellen sich auflösen, in die dort entspringenden Opticusfasern (*cf*) überleitet[2]).

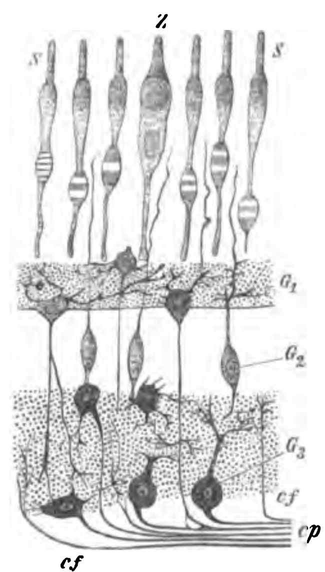


Fig. 104. Schema der Nervenendigungen in der Netzhaut. *S* Stäbchen. *Z* Zapfen. G_1 Ganglienzellen der äußeren Körnerschichte. G_2 Bipolare Ganglienzellen der inneren Körnerschichte. G_3 Ganglienzellen der Nervenzellenschichte. *cp* centripetal leitende, *cf* centrifugal leitende Opticusfasern.

Physiologische Thatsachen zeigen, dass nur die Stäbchen und Zapfen,

---

1) Vgl. das in Fig. 56 S. 130 dargestellte Schema der optischen Leitungsbahnen.

2) M. Schultze, Arch. f. mikr. Anat. II, S. 165, 175, III, S. 215, 404, V, S. 1, 329, VII, S. 244. Dogiel, ebend. XXXVIII, S. 317 ff. Ramón y Cajal, Anatom. Anz. 1889, Nr. 4.

nicht aber die Opticusfasern oder Ganglienzellen der Retina durch Licht reizbar sind. Die Eintrittsstelle des Sehnerven, wo jene fehlen, ist nämlich unerregbar für Lichtreize. Sie bildet den **blinden** oder MARIOTTE-schen Fleck[1]. Ferner können wir bei geeigneter, namentlich schräger Beleuchtung des Auges den Schatten unserer eigenen Netzhautgefäße als nach außen versetzte Gefäßfigur wahrnehmen. Dies beweist, dass die durch Licht reizbaren Theile in den tieferen Schichten der Retina liegen[2]. Es erhebt sich nun aber die Frage, in welcher Weise die einzelnen Theile des Nervenepithels an der Umwandlung der Lichtreizung in die Nervenerregung betheiligt seien. Ueber diesen Punkt geben uns nur die Structurverhältnisse der Stäbchen und Zapfen einigen Aufschluss. Beide Elemente sind analog zusammengesetzt: sie bestehen aus einem Innen- und einem Außengliede, die durch eine Querlinie von einander getrennt sind. Innen- uud Außenglied der Stäbchen sind beide cylindrisch geformt. Das breite Innenglied der Zapfen hat eine spindelförmige, das weit kürzere und schmälere Außenglied eine kegelförmige Gestalt. Die das Licht stärker brechenden Außenglieder beider Elemente zeigen zuweilen schon im frischen, immer aber im macerirten Zustande eine deutliche Querstreifung, so dass jedes aus einer Reihe sehr dünner Plättchen zusammengesetzt scheint. Ob aber diese Plättchenstructur schon den Elementen der lebenden Netzhaut zukommt, ist zweifelhaft, da man zuweilen auch eine entgegengesetzte Zerlegung in der Form einer feinen Längsstreifung angedeutet findet. Ferner zeigen die Außenglieder der Stäbchen, so lange sie der Lichteinwirkung entzogen bleiben, in der lebenden Netzhaut eine purpurrothe Färbung, welche von einem in ihnen aufgelösten Farbstoff, dem **Sehpurpur**, herrührt. Er erhält sich selbst in der todten Netzhaut, wenn sie dem Lichte entzogen bleibt, wird aber unter der Einwirkung des Lichtes rasch zuerst gelb und dann weiß[3]. Beim Frosch entdeckte BOLL in einzelnen Stäbchen einen grünen Farbstoff, der langsamer im Lichte bleichte. Den Krystallstäbchen der Wirbellosen sowie den Außengliedern der Zapfen fehlen solche Farbstoffe. Doch kommen bei den Vögeln in den Innengliedern der Zapfen rothe, gelbe und grüngelbe Pigmente vor, die sich übrigens von dem Sehpurpur wesentlich dadurch unterscheiden, dass sie nicht im Lichte vergänglich sind. Auch die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen zeigen in ihrer Form wesent-

---

1) Die Erscheinungen desselben vgl. bei den Gesichtsvorstellungen (Cap. XIII).

2) H. MÜLLER, Ueber die entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefäße, Verhandlungen der Würzburger phys.-med. Ges. V. 1854, S. 411. Wieder abgedruckt in H. MÜLLER's Schriften zur Anatomie und Physiologie des Auges. Leipzig 1872, S. 27 ff.

3) BOLL, Monatsber. der Berliner Akademie. 12. Nov. 1876, 11. Jan. und 15. Febr. 1877. Archiv f. Physiol. 1877, S. 4 ff., 1881, S. 1 ff. KÜHNE, Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Heidelberg, I, S. 1, 105, 225.

liche Abweichungen (Fig. 104). Das Innenglied der Stäbchen verjüngt sich an seinem inneren Ende zu einem Faden, der in eine Ganglienzelle der äußeren Körnerschichte, das sogenannte Stäbchenkorn, übergeht; an seinem äußeren Ende enthält es einen planconvexen stark lichtbrechenden Körper, der seine ebene Basis dem Außenglied zukehrt, das Stäbchenellipsoid. Das Innenglied der Zapfen steht mit einer oder mehreren Zellen der vielstrahligen Ganglienzellen der Körnerschichte in Verbindung; an seinem äußeren Ende zeigt es häufig eine feine Längsstreifung. Auch in ihm bemerkt man, dem Außenglied zugekehrt, einen ellipsoidischen Körper, der hier von größerem Umfang ist als in den Stäbchen: bei den Vögeln und Reptilien liegt entweder in ihm oder (bei manchen Reptilien) außerhalb und durch einen Zwischenraum getrennt ein linsenförmiger Körper; er ist es, der hier die lichtbeständigen Farbstoffe führt[1]).

Unsere Lichtempfindung ist, so lange sie nicht räumlich gesondert wird, stets eine qualitativ ungeschiedene. Wir sind zwar im Stande zu entscheiden, ob verschiedene Lichteindrücke sich mehr oder weniger ähnlich, nicht aber ob sie einfach oder zusammengesetzt seien. Einer Analyse des Reizes, wie sie das Gehörorgan ausführt, ist also das Auge nicht fähig. Darum ist es auch nicht zulässig, im Auge, ähnlich wie im Ohr, räumlich getrennte Vorrichtungen für die Perception der verschiedenen einfachen Empfindungsqualitäten vorauszusetzen, sondern wir werden annehmen müssen, dass in jedem Netzhautelement verschiedenartige physiologische Reizungsvorgänge stattfinden können, den verschiedenen Qualitäten der Lichtempfindung entsprechend. Allerdings ist aber aus Erscheinungen, die wir später (in Cap. IX) kennen lernen werden, zu schließen, dass nicht jede Aenderung des äußern Reizes eine entsprechende Veränderung der innern Reizungsvorgänge herbeiführt, indem objectiv verschiedenartige Lichteindrücke qualitativ gleiche Empfindungen verursachen können. Aus dieser Thatsache folgt, dass sich das Licht in den Retinaelementen in eine Form der Bewegung umsetzt, welche zwar innerhalb gewisser näher zu bestimmender Grenzen mit der Geschwindigkeit der Lichtschwingungen wechselt, aber nicht, wie die Schallerregung, in einer constanten Beziehung zu dem objectiven Reizungsvorgange steht. Bei der bekannten Thatsache, dass gewisse chemische Verbindungen leicht durch das Licht zersetzt werden, liegt es nahe, hier an eine photochemische Wirkung zu denken. In der That sprechen für diese Vermuthung, abgesehen von dem angeführten Mangel eines jeden bestimmten Verhältnisses zwischen Oscillationsgeschwindigkeit und Qualität der Lichtempfindung,

---

1) Vgl. M. SCHULTZE, a. a. O. SCHWALBE in GRAEFE und SÄMISCH, Handbuch der Augenheilkunde I, 1. S. 354 ff. MERKEL, Archiv f. Ophthalmologie, XXII, S. 1.

noch einige andere Eigenschaften der letzteren: so vor allem die ebenfalls das Auge vom Ohr unterscheidende lange Nachdauer der Reizung, welche sich zwar sehr gut mit der Annahme eines chemischen Processes, kaum aber mit der eines vergänglichen Schwingungsvorganges verträgt; ferner die Thatsache, dass bei dieser Nachdauer der Reizung, im sogenannten Nachbilde, die Qualität und Intensität der Lichtempfindung sich allmählich verändert, indem jede Farbe in ihre Complementärfarbe und Weiß in Schwarz oder Schwarz in Weiß übergeht[1]). Eine Reihe von Erscheinungen, welche an der Netzhaut der Wirbelthiere in Folge der Lichtreizung beobachtet worden sind, verleihen der auf diese Weise schon durch die subjectiven Verhältnisse des Sehens nahe gelegten photochemischen Hypothese größere Wahrscheinlichkeit. Diese Erscheinungen beziehen sich sämmtlich auf die in der Netzhaut vorkommenden Farbstoffe, und sie bringen so das entwicklungsgeschichtliche Resultat, wonach die erste Spur der Sehorgane in Pigmentablagerungen besteht und das Pigment den constantesten Bestandtheil lichtpercipirender Elemente darstellt, zu seinem Rechte. Gleichwohl sind wir von einer genaueren Kenntniss der die Lichtreizung begleitenden Vorgänge in der Netzhaut noch so weit entfernt, dass die Theorie der Lichtempfindungen bis jetzt hauptsächlich auf die subjectiven Verhältnisse der Empfindung sich stützen muss[2]).

Dreierlei Pigmente finden sich in den Sehwerkzeugen der verschiedenen Thiere: 1) in den Innengliedern mancher Zapfen rothe, gelbgrüne und gelbe lichtbeständige Farbstoffe, 2) in den Außengliedern der Stäbchen bei allen Wirbelthieren ein meistens purpurrother, im Licht vergänglicher Farbstoff, der Sehpurpur, in seltenen Ausnahmen statt desselben ein grüner ebenfalls vergänglicher Farbstoff; endlich 3) ein bei den Wirbellosen die Krystallstäbchen umgebender oder frei abgelagerter, bei den Wirbelthieren die Netzhaut außen überziehender Farbstoff, welcher bei den ersteren roth, violett oder braun, bei den letzteren stets braun gefärbt und ebenfalls im Lichte dauernd ist. Das erste dieser Pigmente hat die beschränkteste, das dritte die ausgedehnteste Verbreitung. Unter allen Pigmenten scheinen diejenigen der Innenglieder

---

1) S. unten Cap. IX. Auf die oben angeführten subjectiven Erscheinungen gestützt wurde schon in der ersten Auflage dieses Werkes (1873), bei deren Erscheinen die unten zu erwähnenden objectiven Thatsachen noch nicht bekannt waren, der Vorgang der Lichtreizung als ein photochemischer bezeichnet. Auch wurde dort bereits die allgemeine Anschauung vertreten, dass die specifische Form der Empfindung überall durch den Vorgang im peripherischen Sinnesorgan wesentlich mitbedingt, und dass daher in physiologischem Sinne die Empfindung nicht bloß, wie es gewöhnlich geschieht, als ein centraler Act zu betrachten sei. (Vgl. oben S. 229.) Ohne, wie es scheint, meine Auseinandersetzungen zu kennen, sind seitdem W. Müller und Boll gerade auf Grund der anatomischen Untersuchung des Sehorgans zu der nämlichen Auffassung geführt worden. (W. Müller, Die Stammesentwicklung des Sehorgans innerhalb des Typus der Wirbelthiere. Leipzig 1875, S. 52. Boll, Archiv f. Physiologie 1877, S. 34.)

2) Ueber die hierauf gegründeten Folgerungen und Hypothesen vgl. Cap. IX.

in den Zapfen der Vögel und Reptilien am wenigsten veränderlich durch die Lichteinwirkung zu sein. Nur die allgemeine Eigenschaft der Lichtabsorption durch Farbstoffe lässt daher vermuthen, dass sie zu der Lichtreizung in Beziehung stehen, und zwar würde anzunehmen sein, dass jedes Pigment die Wirksamkeit der zu ihm selbst complementären farbigen Strahlen erhöht, weil es diese am meisten absorbirt, d. h. die Energie derselben verbraucht. Die stärksten Veränderungen durch die Lichteinwirkung erfährt der Sehpurpur, der gelöste Farbstoff der Stäbchenaußenglieder; zugleich ist die Geschwindigkeit dieser Veränderungen von der Wellenlänge des Lichtes abhängig, indem sie bei einfarbiger Beleuchtung im Grün am schnellsten, dann in abnehmender Stärke im Blau, Violett, Gelb, und im Roth am langsamsten erfolgen[1]. Gleichwohl ist eine directe Beziehung dieser Entfärbungsprocesse zu dem Vorgang der Lichtempfindung zweifelhaft, da in den Außengliedern der Zapfen, welche beim Menschen ausschließlich die für alle Lichtarten empfindliche Stelle des deutlichsten Sehens bilden, der Sehpurpur nicht vorkommt. Die Lichtzersetzung dieses Farbstoffs kann daher vorläufig nur als ein Symptom betrachtet werden, das im allgemeinen auf photochemische Processe in der Netzhaut hinweist, und auf diese Weise einen indirecten Beleg für die photochemische Hypothese abgibt. Das dritte Pigment endlich, dasjenige der eigentlichen Pigmentschichte, dem zugleich die meisten Augenpigmente der Wirbellosen äquivalent sind, erfährt zwar keine Veränderungen in seiner Farbe durch die Lichtbestrahlung, dagegen wird das Protoplasma der Pigmentzellen durch die Lichteinwirkung in eine langsame Bewegung versetzt, in Folge deren das in ihm enthaltene Fuscin in den Zwischenräumen der Außenglieder von Stäbchen und Zapfen bis an die Grenze der Innenglieder geführt wird, während es in der gedunkelten Netzhaut nur in den äußersten Theil jener Zwischenräume hineinreicht. Entsprechende Veränderungen zeigen die Pigmentzellen selbst: im Dunkeln sind sie namentlich in ihrer inneren Hälfte reichlich von Pigment erfüllt, bei der Belichtung werden sie blasser in Folge der in die Zwischenräume der Außenglieder stattfindenden Pigmententleerung[2]. Auch diese Erscheinungen sind vorläufig nur insofern zu verwerthen, als sie lebhafte Molecularveränderungen andeuten, die durch die Lichtbestrahlung im Auge erzeugt werden.

Trotz der großen Bedeutung, welche die Sehpigmente für die physiologische Transformation der Lichtschwingungen besitzen mögen, wäre es aber schwerlich gerechtfertigt in sie selbst den Vorgang der Lichtreizung zu verlegen. Die anatomischen Untersuchungen weisen uns durchaus darauf hin, dass die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen die eigentlichen Sinneszellen sind, während die Außenglieder, analog den Krystallstäbchen der Wirbellosen, eine Cuticularbildung darstellen, die im entwickelten Zustand mit den Innengliedern nur in einem Verhältnisse der Contiguität steht und selbst keine Nerven empfängt. In der That fand TH. W. ENGELMANN[3]), dass sich die Innenglieder der Netzhautelemente unter der Einwirkung von Licht verkürzen und im Dunkeln wieder

1) KÜHNE, Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Heidelberg I, S. 185 ff. Die eleganteste Form für die Nachweisung der Lichtbleichung besteht in der von KÜHNE gelehrten Herstellung von »Optogrammen«, d. h. in der Erzeugung von Bleichungsbildern heller Objecte auf der im Dunkeln gewesenen rothen Netzhaut.

2) ANGELUCCI, Archiv f. Physiol. 1878, S. 353 ff. BOLL, Arch. f. Physiol. 1881, S. 28. KÜHNE, Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Heidelberg, II, S. 112. Chemie der Netzhaut, HERMANN's Physiol. III, 1. S. 332. VAN GENDEREN Stort, Archiv f. Ophth. XXXIII, 3. S. 229 ff.

3) PFLÜGER's Archiv XXXV, S. 498.

verlängern. Immerhin könnte man bezweifeln, ob diese Lichtveränderung mit dem Sehacte etwas zu thun habe, da ähnliche Wirkungen der Belichtung auch an anderen lebenden Zellen zu beobachten sind. Dagegen fällt ins Gewicht, dass ENGELMANN derartige Formveränderungen der Innenglieder auch am nichtbelichteten Auge beobachten konnte, wenn er das andere Auge dem Licht aussetzte, ein Versuch, der zugleich einen indirecten Beweis für die Existenz einer sensibeln Reflexbahn zwischen den beiden Netzhäuten zu erbringen scheint, wie eine solche die oben erwähnten morphologischen Befunde wahrscheinlich machen. Zu der Annahme einer derartigen Verbindung gelangte überdies ENGELMANN auch noch bei der Untersuchung der elektrischen Eigenschaften des Auges. Er fand hier, dass der Strom, der durch Ableitung vom Auge des Frosches am Galvanometer nachweisbar war, bedeutend in seiner Stärke schwankte, als das Auge der anderen Seite durch Licht gereizt wurde. Diese Schwankung verminderte sich zwar in ihrer Größe, erhielt sich aber, wenn alle anatomischen Verbindungen, die eine directe Wirkung vom einen auf das andere Auge möglich machten, gelöst waren. Ja, ähnliche Schwankungen wurden sogar bei der Reizung des vom Gehirn getrennten Sehnerven selbst im zugehörigen Auge beobachtet, was direct die zur Reflexbahn erforderliche centrifugale Leitungsfähigkeit des Opticus zu beweisen scheint[1]). Wir werden später sehen, dass die Lichtreizung eines Auges auch Empfindungsveränderungen im andern Auge hervorbringt, zu deren Erklärung die Annahme einer durch subcorticale Centren vermittelten Nervenverbindung zwischen den beiden Netzhäuten gefordert wird[2]).

Unter der Voraussetzung, dass die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen die eigentlichen Sehzellen sind, lässt sich zugleich der stark lichtbrechenden Beschaffenheit der Außenglieder ein Verständniss abgewinnen. In den Augen der Wirbellosen entsprechen diesen Außengliedern die Krystallstäbchen, welche, die innerste Lage der Netzhaut bildend, hier sichtlich noch als dioptrische Medien, analog der Linse und dem Glaskörper, wirken. In den Augen der Wirbelthiere hat die Lagerung der Netzhautschichten sich umgekehrt: es liegt nahe zu vermuthen, dass die Krystallstäbchen oder Außenglieder dadurch zu katoptrischen Gebilden geworden sind. Nachdem durch die vollkommenere Entwicklung der vor der Netzhaut gelegenen brechenden Medien dioptrische Hülfsmittel in der Netzhaut selbst schon in den vollkommener gebildeten einfachen Augen der höheren Wirbellosen, wie der Cephalopoden, überflüssig geworden sind, können diese Gebilde durch ihre Umlagerung eine neue Bedeutung gewinnen, indem sie nun, als Reflexspiegel wirkend, die durch die Sehzellen hindurchgegangenen Strahlen zum Theil noch einmal in dieselben zurückwerfen und so in ihnen den Vorgang der Lichtreizung verstärken, während zu der Pigmentschichte immer noch hinreichend Licht gelangt, um in ihr die für die Sehfunction wesentlichen phototropischen Bewegungen auszulösen[3]).

---

1) TH. W. ENGELMANN, Festschrift zu HELMHOLTZ' 70. Geburtstag. Hamburg u. Leipzig 1891, S. 195 ff.

2) Vgl. unten Cap. IX, 4.

3) Katoptrische Apparate haben schon HANNOVER und BRÜCKE (MÜLLER's Archiv 1840, S. 326, 1844, S. 444) in den Außengliedern vermuthet. Die Annahme, dass dieselben lichtpercipirende Apparate seien, wurde dagegen von M. SCHULTZE und W. ZENKER (Arch. f. mikr. Anat. III, S. 248), sowie von G. ST. HALL vertreten (Proc. Americ. Acad XIII, p. 402). Die ersteren suchten die Farbenreizung aus den Interferenzerscheinungen

Vergleichen wir die Einrichtungen, die in den verschiedenen Sinnesorganen zur Auffassung der Reize getroffen sind, so bietet der allgemeinste Sinn, der Tastsinn, die einfachsten Verhältnisse dar. Die Druckreize können hier wahrscheinlich durch die Nervenfasern selbst aufgenommen werden; nur an einzelnen Stellen finden sich Vorrichtungen, durch welche die Zuleitung der Eindrücke zu den Nervenenden erleichtert wird; ob außerdem noch besondere Endapparate für die Wärme- und Kältereize existiren, bleibt ungewiss. Angesichts der Thatsache, dass an Oberflächen, an denen nur freie Endigungen nachgewiesen sind, Druck- wie Temperaturerregungen stattfinden können, scheint es aber geboten, auch die Unterschiede dieser Empfindungen nicht auf die Reizung verschiedener Endorgane, sondern auf verschiedene Erregungsprocesse in den Nerven zurückzuführen. Jedenfalls steht diese Annahme mit den bis jetzt bekannten Structurverhältnissen in besserem Einklang als die Annahme völlig imaginärer Endapparate für die verschiedenen Empfindungen. Dem Tastsinn scheint der Gehörssinn insofern am nächsten zu stehen, als bei ihm, ähnlich wie bei den Druckempfindungen, mechanische Erschütterungen der Nervenenden die Reizung bewirken, und diese scheinen sogar in dem zur analytischen Auffassung der Schalleindrücke vorzugsweise befähigten Theil des Gehörorgans, in der Schnecke, ebenfalls die Nervenenden selber zu treffen, da die letzteren hier unmittelbar der Grundmembran aufliegen, deren Schwingungen sich ihnen mittheilen müssen. Dazu kommen dann aber die den Nervenfasern aufsitzenden epithelförmigen Endzellen, welche durch die Leichtigkeit, mit der sich mechanische Erschütterungen auf sie übertragen, geeignet sind, Schallreize von geringer Intensität und von verschiedener Form auf die Nervenfasern fortzupflanzen. Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse bei den drei weiteren Specialsinnen. In der Geruchs- und Geschmacksschleimhaut sind die äußeren Bedingungen zwar insofern übereinstimmende, als auch hier cilien- oder borstenförmige Fortsätze der Endepithelien die Reizeinwirkung vermitteln. Aber dabei pflanzt nicht einfach die mechanische Bewegung als solche auf die Endgebilde sich fort, sondern es ist höchst wahrscheinlich eine chemische Einwirkung, die eine Bewegung jener Fortsätze und durch sie den Reizungsvorgang hervorruft. Hier weicht also die Art des letzteren wesentlich von seiner äußeren Ursache ab. Sehr verschiedene Reize können daher den nämlichen Erregungsvorgang auslösen, die Beziehung zwischen Qualität der Empfindung und Form des Reizes ist nur eine indirecte, insofern gewissen Classen chemischer Einwirkung übereinstimmende Formen

dünner Plättchen, HALL aus der verschiedenen Brennweite der Strahlen abzuleiten. Zur Kritik dieser Hypothesen vgl. die erste Auflage des vorliegenden Werkes S. 333 f.

der Erregung zu entsprechen pflegen. Aber die Empfindung folgt nicht, wie bei den Tönen und Klängen, stufenweise der Form des Reizes, sondern sie ist nur ein verhältnissmäßig rohes Reagens für gewisse bedeutendere Differenzen der chemischen Einwirkung.

Schon in dieser Beziehung schließt sich der Gesichtssinn den beiden letztgenannten Sinnen näher als dem Gehörs- und dem Tastsinne an. Er unterscheidet sich von ihnen nicht sowohl durch die Feinheit der objectiven Reizanalyse, — hierin übertrifft er sie kaum, da sehr verschiedene Formen der Lichtreizung für die Empfindung nicht unterscheidbar sind, — als durch die Genauigkeit in der Unterscheidung der subjectiven Reizerfolge, der Empfindungen, welche er in die stetige Mannigfaltigkeit der Farben ordnet, der im Gebiete jener niedrigeren chemischen Sinne kein ähnlich ausgebildetes Continuum entspricht. Vielmehr sind hier zu einem solchen nur Bruchstücke vorhanden, welche sich theils in gewissen Geruchs- und Geschmacksnuancen, theils in Mischempfindungen zu erkennen geben [1]). Bei den mechanischen Sinnen steht offenbar der Vorgang in den Endnervenfasern dem äußeren Reizungsvorgang viel näher, wir empfinden den letzteren mit ihnen gleichsam unmittelbarer als mit den chemischen Sinnen, bei denen die Form der Erregung in höherem Grade von der unbekannten Molecularconstitution der Endorgane abhängt. Insofern sind die mechanischen Sinne die einfacheren. Der allgemeinste unter ihnen, der Tastsinn, ist die Grundlage für die Entwicklung der vier Specialsinne gewesen. Bei dreien der letzteren hat sich diese Entwicklung wohl im Anschlusse an Wimperzellen vollzogen, die im niederen Thierreich als besondere Ausstattung einzelner Theile der Hautbedeckung auftreten. Denn die Hörhaare, die Fortsätze der Riech- und Geschmackszellen sind Cilien, die durch Lage und Beschaffenheit für bestimmte Reizformen vorzugsweise empfänglich sind. Andere Epithelzellen der Hautbedeckung sind durch Pigmentablagerung und Cuticularbildungen der photochemischen Wirkung des Lichtes zugänglich und so zu Aufnahmegebilden für Lichtreize geworden.

Als eine wenigstens den speciellen Sinnesorganen gemeinsame Einrichtung, die auf übereinstimmende Erfordernisse hindeutet, ist endlich das Auftreten von Ganglienzellen zu betrachten, welche, abgesehen davon, dass die Endzellen selbst zugleich einen ganglіösen Charakter

---

1) Es mag übrigens Thiere geben, bei denen die beim Menschen nur als Anlage vorhandene Disposition zu einem Continuum der Geruchs- und der Geschmacksempfindungen zu einer wirklichen Ausbildung gelangt ist, ebenso wie anderseits wahrscheinlich Organismen existiren, denen das Continuum der Gehörs- und Lichtempfindungen, das der Mensch besitzt, fehlt, obgleich sie einzelne Schall- und Lichtarten unterscheiden können.

besitzen, den Sinnesnervenfasern in der Regel kurz vor ihrer Endigung interpolirt sind. Nach den Grundsätzen der allgemeinen physiologischen Mechanik des Nervensystems sind die Ganglienzellen überall Apparate zur Ansammlung von Arbeitsvorrath, die, je nach der Art ihrer Verbindung mit den Nervenfasern, entweder zugeleitete Erregungen hemmen oder solche verstärkt durch die in ihnen frei werdenden Kräfte auf weitere Fasern übertragen. Es kann nicht bezweifelt werden, dass in den in die centripetale Leitung der Sinnesnerven eingeschalteten Ganglienzellen eine Uebertragung der letzteren Art stattfindet, oder dass, um in der Sprache der früher entwickelten Molecularhypothese zu reden, die Sinnesnervenfasern auf ihrer peripherischen Seite mit der peripherischen, auf ihrer centralen mit der centralen Region der Zellen in Verbindung stehen. (S. 275 ff.) In der That bestätigt dies die anatomische Untersuchung, nach welcher im allgemeinen der Axenfaden der Zellen in eine Sinnesnervenfaser übergeht. Hiernach können diese Anhangszellen als Vorrichtungen betrachtet werden, welche theils den durch die besonderen Endgebilde zugeleiteten Reizungsvorgang verstärken, theils die für eine größere Zahl aufeinander folgender Reizungen erforderliche Kraftsumme den Nerven zur Verfügung stellen. Abgesehen von ihrer Function der Aufnahme und centripetalen Zuleitung äußerer Reize sind aber einzelne Sinnesapparate noch Endstationen einer centrifugalen Bahn, in die ebenfalls peripherische Ganglienzellen eingeschaltet sind[1]. Es ist zu vermuthen, dass diese centrifugale Leitung die Auslösung peripherischer Sinneserregungen von den Sinnescentren aus bewirkt, wie eine solche zweifellos bei Hallucinationen, in geringerem Grade aber wohl auch bei lebhafteren Phantasiebildern stattfindet. Jene zweite Gattung von Ganglienzellen, wie sie in der Netzhaut durch gewisse Zellen der Körnerschichte repräsentirt ist, dürfte daher der Uebertragung dieser centrifugalen Erregungsvorgänge auf die peripherischen Endorgane dienen, wobei sie dann ebenfalls, nur in umgekehrter, gegen die Nervenendigung ausstrahlender Richtung, eine verstärkende Wirkung auf den Erregungsvorgang ausüben kann.

Ueber der Frage nach den Beziehungen der in den Endgebilden der Sinnesorgane durch den Reiz verursachten Processe zu demjenigen Vorgange, der in den Sinnesnerven weiter geleitet zum Gehirn gelangt, schwebt noch manches Dunkel. Nach der Lehre von der specifischen Energie soll die Qualität der Empfindung eine der Substanz eines jeden Sinnesnerven durchaus eigenthümliche Function sein. Indem wir Licht, Schall, Wärme u. s. w. empfinden, komme uns nichts von dem äußern

1) In den peripherischen Sinnesapparat ist diese centrifugale Bahn bis jetzt erst beim Sehorgan verfolgt. Beim Geruchsorgan findet sie schon in den centralen Zwischenapparaten der Riechkolben ihr Ende (S. 137).

Eindruck, sondern nur die Reaction unserer Empfindungsnerv
zum Bewusstsein. Die specifische Energie aber soll sich in do
äußern: einmal darin, dass jeder Sinnesnerv bestimmten Rei
gänglich ist, der Sehnerv dem Licht, der Hörnerv dem Schall
sodann darin, dass jeder Nerv auf die allgemeinen Nervenre
lich den mechanischen und elektrischen, nur in der ihm spec
reagirt. Offenbar beruht aber diese specifische Reizbarkeit
auf einer Eigenthümlichkeit der Nerven als darauf, dass jede
besondere Endgebilde beigegeben sind, welche die Uebertragun
Formen der Reizbewegung auf die Nervenenden vermitteln.
denn auch in neuerer Zeit meist die Lehre in ihrer ursprüng
aufgegeben und die specifische Sinnesleistung theils den End
den Sinnesorganen, theils aber und namentlich den Endorgane
zugeschrieben. Die Nervenfasern werden nach einem oft
Bilde mit Telegraphendrähten verglichen, in denen immer diese
elektrischen Stromes geleitet wird, der aber, je nachdem man
des Drahtes mit verschiedenen Apparaten in Verbindung setzt
schiedensten Effecte hervorbringen, Glocken läuten, Minen
Magnete bewegen, Licht entwickeln kann u. s. w.[1]. Wird n
dem zugegeben, dass die peripherischen Endgebilde nach ihr
Einrichtung wahrscheinlich nur die Uebertragung der specifisc
formen auf die Nervenfasern, nicht selbst die Empfindung verm
bleiben allein die centralen Sinnesflächen übrig, auf deren ma
Energien dann alle Unterschiede der Empfindung zurückgeführt
Nun lehrt jedoch die Gehirnphysiologie, dass der Satz von der fun
Indifferenz im selben Umfange, in welchem er in Bezug auf die
fasern angenommen ist, auch auf die centralen Endigungen
ausgedehnt werden muss. Offenbar hatte man also bei dieser V
in die Centraltheile nur den Kunstgriff gebraucht, den Sitz der spe
Function in ein Gebiet zu verschieben, das noch hinreichend un
war, um über dasselbe beliebige Behauptungen wagen zu können

Zu den Schwierigkeiten, die der Lehre von der specifischen
in ihrer Anwendung auf die verschiedenen Sinne anhaften, kommen
größere, wenn man sie den Erfahrungen über die qualitativen Empfi
verschiedenheiten eines und desselben Sinnes anpassen will. Im Seh
sollen nach der von HELMHOLTZ adoptirten und modificirten Hypothese
dreierlei Nervenfasern existiren, roth-, grün- und violett-empfin
Nun wird der örtlich beschränkteste Lichteindruck niemals nur in

[1] HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen. 4. Aufl., S. 245.

[2] Cap. V, S. 247. Vgl. hierzu MUNK, Sitzungsber. der Berliner Akad., 7. Jun
und meine Kritik seiner Anschauungen, Phil. Stud. VI, S. 1 ff.

bestimmten Farbe wahrgenommen: man ist also genöthigt auf der kleinsten Fläche der Retina schon eine Mischung dieser drei Fasergattungen oder ihrer Endgebilde vorauszusetzen, eine Annahme, welche mit dem Durchmesser der Stäbchen, deren jedes, wie es scheint, nur je eine Primitivfibrille aufnimmt, kaum in Einklang zu bringen ist. Noch größer werden die Schwierigkeiten im Gehörorgan. Hier muss man wegen der analysirenden Fähigkeit des Ohrs annehmen, dass jedem einfachen Ton von bestimmter Höhe eine bestimmte Nervenfaser entspreche, welche mit dem auf sie abgestimmten Theil der Grundmembran in Verbindung stehe. Doch unsere Tonempfindung ist eine stetige, sie springt nicht plötzlich, sondern geht allmählich von einer Tonhöhe zur andern über. Man müsste also unendlich viele Nervenfasern postuliren. Um dem zu entgehen, setzt HELMHOLTZ voraus, durch einen Ton, der zwischen den der specifischen Empfindung je zweier Fasern entsprechenden Tönen in der Mitte liege, würden beide in Erregung versetzt, und zwar beide gleich stark, wenn der betreffende Ton genau die Mitte halte zwischen den zwei Grundempfindungen, verschieden stark, wenn er der einen oder andern näher stehe[1]. Dies steht aber im Widerspruch mit der Thatsache, dass ein einfacher Ton immer nur eine einfache Empfindung bewirkt. Bei den Tönen, welche in dem Intervall zwischen den Grundempfindungen zweier Nervenfasern gelegen sind, müsste nothwendig die Empfindung eine zusammengesetzte sein. Aehnliche Einwände erheben sich bei andern Sinnesgebieten.

Die Verhältnisse am Gehörorgan, die nach physiologischer und anatomischer Seite bis jetzt am klarsten dargelegt sind, geben, wie ich glaube, die einfachste Lösung dieser Schwierigkeiten, in welche die Lehre von den specifischen Energien verwickelt. Nehmen wir der jetzt herrschenden Vorstellung gemäß an, die Grundmembran sei in ihren verschiedenen Theilen auf die verschiedenen dem Ohr empfindbaren Töne abgestimmt, so lässt sich, wie oben schon angedeutet, die einfache Tonempfindung aus der unmittelbaren mechanischen Erregung der Nervenenden ableiten. Diese wird in analoger Weise wie bei der sogenannten mechanischen Tetanisirung der Muskelnerven vor sich gehen, bei welcher die Muskeln durch schnell und in gleichen Intervallen auf einander folgende mechanische Stöße zu dauernder Zusammenziehung gebracht werden. Wir können uns dann aber vorstellen, dass eine und dieselbe Nervenfaser, wenn sie successiv mit den verschiedenen Theilen der Grundmembran in Berührung käme, auch successiv verschiedene Tonempfindungen vermitteln würde, indem jeder momentanen Erregung ein einmaliger Reizungsvorgang, einer n-mal in der Zeiteinheit erfolgenden Erregung also ein n-maliger ent-

[1] HELMHOLTZ, a. a. O. S. 230.

spricht. Diese Annahme wäre nur dann unhaltbar, wenn sich ergeben sollte, dass die Reizung im Nerven ein zu kurzer Vorgang ist, um auch den schnellsten Schwingungen, welche unser Ohr noch als Ton aufzufassen vermag, folgen zu können. Nun haben wir in Cap. VI gefunden, dass jede momentane Reizung eine sehr lange Zeit im Nerven nachdauert. Aber die Dauer der ganzen Reizungsperiode schließt nicht aus, dass der Nerv periodischen Erregungen von viel kürzerer Dauer mit einem Auf- und Abwogen seiner eigenen Reizungswelle zu folgen vermag; hierfür ist nur erforderlich, dass die Maxima der einzelnen Reizungsperioden nicht völlig zusammenfließen. In der That wird durch Beobachtungen am Muskel der Satz, dass der Reizungsvorgang im Nerven bei periodischer Reizung die gleiche Periode wie der äußere Reizungsvorgang einhält, in gewissem Umfang bestätigt. Reizt man nämlich den Muskelnerven durch periodische elektrische Stromstöße, so befindet sich der in Contraction gerathene Muskel in Tonschwingungen, welche die gleiche Periode einhalten[1]. Bei diesem Versuch setzt aber die Trägheit der Muskelsubstanz dem Umfang der Schwingungsperioden eine ziemlich enge Grenze. Im Nerven kann der Erregungsvorgang jedenfalls in viel weiterem Umfange der periodischen Reizung folgen. Ein gewisses Maß der Vergleichung bietet hier die Untersuchung der Veränderungen des Muskel- und Nervenstroms. Die negative Schwankung, welche nach einer instantanen Reizung eintritt, dauert nach den Versuchen von J. BERNSTEIN vom Moment der Reizung an gerechnet beim Nerven im Mittel 0,0005, beim Muskel 0,003 Secunden[2]. Sonach würde bei einer intermittirenden Reizung des Nerven von 2000 einzelnen Stößen in der Secunde jeder einzelne Reizungsvorgang vollständig ablaufen können, ehe ein neuer anfinge. Sollten sich dagegen nur die Maxima der einzelnen Reizungscurven von einander sondern, so würde, wie aus den von BERNSTEIN gegebenen Ermittlungen zu schließen ist, nahezu eine 10mal so schnell, also 20000 mal in der Secunde erfolgende Reizung eben noch einen intermittirenden Reizungsvorgang nach sich ziehen. In Anbetracht des Umstandes, dass diese Versuche am Kaltblüter angestellt sind, und dass sie an und für sich nur einen unteren Grenzwerth für die Trennung der Maxima ergeben können, scheint jene Zahl mit der Grenze der höchsten wahrnehmbaren Töne nahe genug zusammenzufallen, um die Annahme zu gestatten, dass die Schallreizung nur eine besondere Form der intermittirenden Nervenreizung ist, und dass speciell die Tonempfindung auf einem regelmäßig periodischen Verlauf der Reizungsvorgänge in den Acusticusfasern selber beruht. Die

---

1) HELMHOLTZ, Monatsber. der Berliner Akademie. 23. Mai 1864.
2) BERNSTEIN, Untersuchungen über den Erregungsvorgang, S. 24, 64.

Acusticusfasern sind aber offenbar nur deshalb die einzigen, die der Tonempfindung fähig sind, weil allein hier Einrichtungen angebracht sind, die sich zur Uebertragung der Schallschwingungen auf die Nervenfasern eignen, und durch welche daher auch in dem Sinnesnerven eine specielle Anpassung an die Formen intermittirender Reizung eingetreten sein mag. Dagegen ist die Annahme, dass diese Anpassung bis zu einer individuellen Zuordnung je einer einzigen Nervenfaser an einen einzigen Ton geführt habe, nicht nur überflüssig, sondern unzulässig, weil sie, wie oben gezeigt, entweder unendlich viele Nervenfasern oder, im Widerspruch mit der Erfahrung, die Zurückführung einfacher Tonempfindungen auf Mischempfindungen nothwendig machen würde.

Was die übrigen Sinnesnerven betrifft, so scheint hier die größte Wahrscheinlichkeit dafür obzuwalten, dass der Erregungsvorgang in ihnen kein periodischer und nicht einmal ein intermittirender sei. Hierfür spricht namentlich die bei ihnen vorhandene Nachdauer der Empfindung, die auf bleibende und allmählich sich ausgleichende Veränderungen durch die Reizung hindeutet. In der That lassen sich ja zweierlei Arten denken, wie sich mit dem Wechsel der äußern Reize der Process der Reizung im Nerven verändern kann. Entweder können die Molecularvorgänge in ihrer Beschaffenheit constant bleiben, während die periodische Aufeinanderfolge ihrer Zu- und Abnahme variirt: so bei der Schallreizung. Oder es können die Unterschiede des Verlaufs verschwinden, während in der Natur der Molecularvorgänge je nach der Art der Reizung Veränderungen eintreten: dies ist der Fall, den wir bei den chemischen Sinnen vermuthen. Beidemal wird sich der Molecularvorgang in der Nervenfaser nach der Erregungsform der peripherischen Endgebilde richten, so dass die schließlich in den centralen Zellen ausgelösten Processe eben nur deshalb verschieden sind und als verschiedene Empfindungen zum Bewusstsein kommen, weil sich die Molecularvorgänge, die von den Nerven aus in ihnen anlangen, entweder in ihrem periodischen Verlauf, wie bei den Schallempfindungen, oder in ihrer sonstigen Natur, wie bei den Erregungsweisen der chemischen Sinne, unterscheiden. Da nun der Wechsel in der Beschaffenheit der Molecularvorgänge nur durch die Art und Weise verursacht ist, wie die einzelnen Elemente unter einander und in den Sinnesorganen mit den äußern Reizen in Berührung gebracht sind, so wird hiermit die Annahme einer specifischen Function der Nervenelemente hinfällig, insofern man den Begriff der letzteren nicht auf die Fähigkeit der Einübung und Anpassung beschränken will, wobei aber auch diese nirgends als eine so weitgehende vorausgesetzt werden darf, dass eine einzelne Nervenfaser immer nur zur Erzeugung einer einzigen einfachen Empfindung befähigt sei. Vielmehr ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass z. B. eine Opticusfaser verschiedene Licht-

empfindungen, eine Olfactoriusfaser verschiedene Geruchsempfindungen je nach der Natur der in den peripherischen Endorganen stattfindenden Processe, mit denen sich wieder die Nervenerregung selber verändert, vermitteln können. Ebenso können die Acusticusfasern nicht nur vom electiven Apparat des Corti'schen Organs aus, sondern auch diffus, durch die Schwingungen der Hörhaare und die Erschütterungen der Nerven selbst, erregt werden.

Auf eine innerhalb gewisser Grenzen stattfindende Anpassung der Sinnesnerven an die ihnen zugeführten Sinneserregungen müssen ohne Zweifel diejenigen Erfahrungen zurückgeführt werden, die der Lehre von der specifischen Energie zur wesentlichsten Stütze gedient haben: die Erfahrung, dass die Sinnesnerven und namentlich die Sinnesorgane in vielen Fällen beliebige Reizungen in der ihnen eigenen Qualität der Empfindung beantworten, und die andere, dass nach Wegfall eines äußeren Sinnesorgans noch Phantasiebilder und Hallucinationen im Gebiete desselben vorkommen. Es ist jedoch zu betonen, dass beide Erfahrungen keineswegs in dem Umfange sich bestätigen, in welchem dies in der Regel behauptet wird. Die Endorgane und Nervenausbreitungen des Geruchs- und Geschmackssinns reagiren auf mechanische und elektrische Reizung (abgesehen von den Geschmackserregungen, welche die elektrolytischen Zersetzungsproducte erzeugen können) nicht mit Geruchs- und Geschmacksempfindungen; ebenso wenig gelingt es durch Reizung der äußeren Haut mit Sicherheit Wärme- und Kälteempfindungen auszulösen, und auch die elektrische Empfindung hat mit der eigentlichen Druckempfindung nur eine entfernte Aehnlichkeit[1]). Es bleiben also nur der Gesichts- und Gehörssinn. Aber selbst bei diesen ist es zweifelhaft, ob die Einwirkung irgend welcher, z. B. mechanischer und elektrischer Reize auf die Sinnesnerven selbst Licht- und Schallreactionen zur Folge hat. Die Erscheinungen bei elektrischer Durchströmung des Auges sowie die Lichtempfindungen bei heftiger Bewegung desselben rühren offenbar von Reizung der Netzhaut her. Aehnlich verhält es sich möglicher Weise mit den bei Durchschneidung des Sehnerven beobachteten Lichterscheinungen. Nicht minder zweifelhaft ist endlich die elektrische Reizbarkeit des Acusticus, bei der es sich, wo sie beobachtet wurde, wahrscheinlich wiederum nur um eine Erregung des peripherischen Sinnesorgans, nicht des Nerven handelte[2]).

So sind es selbst bei diesen Sinnesorganen wahrscheinlich nur die äußeren Sinnesapparate, und zwar (da beim Gehörorgane wahrscheinlich alle Reize nur mechanisch wirken) namentlich die nervösen Netzhautapparate des Auges, in denen eine umfangreichere Umwandlung verschiedenartiger Reizformen in eine und dieselbe Erregungsform stattfinden kann. Ist auf diese Weise dem Satze, dass die Sinnesnerven sowie ihre centralen und peripherischen Endorgane auch andere als die ihnen adäquaten Sinnesreize mit ihrer specifischen Empfin-

---

1) Vgl. unten Cap. IX, 1 und 2.

2) Hierfür spricht theils die Stärke der Ströme, die man verwenden muss, theils die große Seltenheit der elektrischen Reaction des Acusticus. Gradenigo (Archiv f. Ohrenheilk. XXVIII, 1889, S. 191) schätzt die Procentzahl normaler Individuen, bei denen sie vorkommt, auf 4—6! Bei entzündlichen Zuständen des inneren Ohres wird sie häufiger beobachtet.

dung beantworten, nur eine sehr eingeschränkte und für die einzelnen hier in Betracht kommenden nervösen Elemente wieder keineswegs gleichförmige Gültigkeit zuzugestehen, so können nun aber die thatsächlich hierher gehörigen Erscheinungen ohne Schwierigkeit aus jener Anpassung der nervösen Erregungsvorgänge an die Form der Erregung erklärt werden, auf die auch andere bereits erörterte Erscheinungen hinweisen. Sehen wir doch, dass neue Leitungswege innerhalb der Nervencentren sich ausbilden können, indem die Fähigkeit bestimmter Theile der Nervensubstanz eine ihnen zugeleitete Erregung fortzupflanzen durch die Uebung zunimmt. Im wesentlichen dieselbe Anpassung mussten wir statuiren, um zu erklären, dass centrale Elemente für andere, deren Leistung aufgehoben ist, in functioneller Aushülfe eintreten [1]). Die nämliche Wirkung nun, die wir bei der Herstellung neuer Hauptbahnen und bei der Uebernahme neuer Functionen beobachten, brauchen wir nur auf die besonderen Formen der Reizung auszudehnen, um jene Erfahrungen, welche die specifische Energie angeblich direct bezeugen sollen, begreiflich zu finden. Bei aller Uebereinstimmung in gewissen allgemeinen, von ihrer ähnlichen chemischen Zusammensetzung herrührenden Eigenschaften wechseln doch die besonderen Molecularvorgänge in den Sinnesnerven und in den centralen Zellen nach der Natur der ihnen zugeführten Reize. Wo aber einmal in einer gewissen Nervenfaser Vorgänge bestimmter Art sich ausbilden, da werden auch die complexen Molecüle der Nervensubstanz eine Beschaffenheit annehmen, welche sie zu dieser bestimmten Form der Molecularbewegung vorzugsweise befähigt, so dass eine eintretende Erschütterung des Moleculargleichgewichts die entsprechende Form der Bewegung hervorruft. Wie also, nach den Erscheinungen der stellvertretenden Function und gewissen Thatsachen der allgemeinen physiologischen Mechanik [2]) zu schließen, oft wiederholte Reizanstöße eine immer größere Beweglichkeit der Molecüle im allgemeinen begründen, so werden oft wiederholte Reizvorgänge von bestimmter Form eine Disposition zurücklassen, wonach überhaupt jede Reizung diese Form einhält. Dieser specielle Satz ergibt sich aus dem allgemeinen von selbst, wenn wir jene Dispositionen, wie wir wohl nicht anders können, auf eine Veränderung des Gleichgewichtszustandes der complexen Molecüle zurückführen. Denn eine solche Veränderung wird immer darin bestehen müssen, dass das Moleculargleichgewicht nach einer bestimmten Richtung ein labiles geworden ist, und zwar eben nach jener Richtung, in der regelmäßig die mit der Reizung verbundene Gleichgewichtsstörung, welche die Disposition begründet, bestanden hat.

Schließlich treten für die Anwendung des Princips der Indifferenz der Function auf die ursprünglichen Eigenschaften der Sinnesnerven und Sinnescentren noch zwei entscheidende Gründe ein. Indem die Lehre von der specifischen Energie jedem Sinnesnerven oder jedem centralen Element eine eigenthümliche Form der Empfindung zuschreibt, kann sie die empirisch feststehende Thatsache nicht erklären, dass eine gewisse Zeit hindurch die Function der einzelnen Sinnesorgane durch die ihnen adäquaten Reize unterhalten sein muss, wenn die eigenthümliche Form der Empfindung auch nach dem Verlust des Sinnesorgans fortbestehen soll. Blind- und Taubgeborenen mangelt absolut die Licht- und Klangempfindung, obgleich die Sinnesnerven und ihre centralen Endigungen

[1]) Vgl. S. 248, 235.
[2]) Vgl. Cap. VI, S. 258, 274.

vollkommen ausgebildet sein können, da Atrophie der Nervenelemente in Folge von Functionsmangel erst im postfötalen Leben sich einstellt[1]), und es an einer Erregung der centralen Elemente durch die gewöhnlichen Formen automatischer centraler Reizung nicht fehlt. In der That erhalten sich bei vollständig Erblindeten und Tauben viele Jahre hindurch die Licht- und Klangempfindungen in der Form von Träumen, Hallucinationen und Erinnerungsbildern[2]). Aber Bedingung hierzu ist immer, dass eine gewisse Zeit hindurch das peripherische Sinnesorgan functionirt habe. Nach unserer Auffassung erklärt sich diese Erfahrung unmittelbar aus der Anpassungsfähigkeit der Nervensubstanz, während die Lehre von der specifischen Energie dafür schlechterdings keine Erklärung weiß. Uebrigens scheinen die Unterschiede, welche die einzelnen Sinnesgebiete in ihrem psychologischen Verhalten darbieten, darauf hinzuweisen, dass die Fähigkeit einer solchen allmählichen Adaptation überall zugleich von den besonderen Eigenschaften des Sinnesorgans abhängt. In dieser Beziehung scheint die Regel zu gelten, dass diejenigen Sinne, deren peripherische Organe morphologisch wie genetisch am meisten den Charakter vorgeschobener Provinzen des Centralorganes selbst an sich tragen, Auge und Ohr, zugleich die einzigen sind, bei denen Erinnerungsbilder mit deutlichem Empfindungsinhalte vorkommen. Klang- und Lichtqualitäten kann sich Jeder, außer den in frühester Lebenszeit taub und blind gewordenen, vorstellen; nur die Farbenerinnerung zeigt, den bedeutenden Unterschieden des Farbensinnes entsprechend, größere individuelle Schwankungen[3]). Erinnerungsbilder von Geschmacks-, Geruchs-, Druck- und Temperaturempfindungen scheinen aber bei vielen Menschen überhaupt nicht vorzukommen, und wo sie vorkommen, da scheinen sie stets außerordentlich schwach und undeutlich zu sein. Wo man sie zu haben glaubt, da handelt es sich meist entweder um thatsächlich vorhandene peripherische Reize, die sich z. B. bei den Tast- und Gemeinempfindungen kaum ausschließen lassen, oder um Empfindungen, die von willkürlichen Mitbewegungen herstammen. So kann ich mir z. B. eine Rose als Gesichtsbild deutlich vorstellen; sie zu riechen vermag ich mir nur einzubilden, wenn ich gleichzeitig die Riechbewegungen der Nase ausführe. Richte ich aber meine volle Aufmerksamkeit auf die stattfindende Empfindung, so nehme ich nur die Bewegungsempfindung, keine Spur von Geruchsempfindung wahr. Auch Andere bestätigen mir diese Beobachtung sowie das analoge in Bezug auf die andern oben erwähnten Empfindungen. Lässt sich nun auch auf diese subjectiven Wahrnehmungen noch keine allgemeingültige Regel gründen, so geht doch jedenfalls daraus hervor, dass viele Individuen Geruch, Geschmack, Druck, Wärme und Kälte nur bei Einwirkung der entsprechenden äußeren Reize auf das Sinnesorgan zu empfinden vermögen. Daraus ist aber zu schließen, dass in diesen Sinnesgebieten die Empfindung fortwährend der eigenthümlichen Reizeinwirkungen auf das äußere Sinnesorgan bedarf, ebenso wie diese in allen Sinnesgebieten zur ersten Entstehung der Empfindungen während des individuellen Lebens erforderlich gewesen sind.

---

1) A. Foerster, Die Missbildungen des Menschen. Jena 1861, S. 59, 78 f.

2) Ich habe über diese Frage mit einem intelligenten, wissenschaftlich gebildeten Manne correspondirt, der, in seinem achten Lebensjahre total erblindet, jetzt (1872) etwa zwischen dreißig und vierzig steht. Derselbe versichert mich, dass seine Traum- und Erinnerungsbilder die volle Lebhaftigkeit ihrer Farben bewahrt haben.

3) Fechner, Elemente der Psychophysik. II, S. 469 ff.

Zweitens setzt sich die Lehre von der specifischen Energie in Widerspruch mit der Annahme einer Entwicklung der organischen Wesen und ihrer Functionen, während die Hypothese der Anpassung der Reizvorgänge an den Reiz nur als die besondere Form erscheint, welche die Entwicklungstheorie in Bezug auf die Entwicklung der Sinne annimmt. Nun hat man zwar in neuerer Zeit meist diesem Widerspruch zu entgehen geglaubt, indem man die Entstehung der specifischen Energien selbst als ein Product genereller Entwicklung betrachtete. Aber die oben erwähnten Erfahrungen an Blind- und Taubgeborenen oder in frühester Lebenszeit Erblindeten und Taubgewordenen beweisen gerade, dass in diesem Fall der generellen Entwicklung höchstens ein vorbereitender Einfluss zukommt, dass jedoch die Anpassung selbst immer erst während des individuellen Lebens eintritt, und die Beobachtungen am Geruchs-, Geschmacks- und Tastsinn machen es außerdem wahrscheinlich, dass selbst dies nicht unter allen Bedingungen stattfindet, sondern dass in vielen Fällen der durch das äußere Sinnesorgan vermittelte specifische Reizungsvorgang die unerlässliche Bedingung für die Entstehung der specifischen Empfindungen bleibt.

Historisch betrachtet ist die Lehre von den specifischen Energien darauf zurückzuführen, dass die philosophische Grundlage der neueren Naturwissenschaften überhaupt und ganz besonders der Sinneslehre bisher auf Kant ruhte. In der That ist jene Lehre nichts anderes als ein physiologischer Reflex des Kant'schen Versuchs, die a priori gegebenen oder, was man meist für das nämliche hielt, die subjectiven Bedingungen der Erkenntniss zu ermitteln, wie dies bei dem hervorragendsten Vertreter derselben, bei J. Müller, deutlich zu erkennen ist[1]. Auch ließen sich die früheren physiologischen Erfahrungen über die Sinne zur Noth mit der Annahme der specifischen Energien in Einklang bringen, wobei diese den Vorzug einer möglichst einfachen Formulirung der Thatsachen darzubieten schien. Ueber diesem Vorzug übersah man dann leicht, dass durch eine solche Formulirung nicht nur nichts erklärt sondern der Weg zu einer tieferen Erkenntniss der Beziehungen zwischen Empfindung und Reiz von vornherein abgeschnitten war. Zuerst haben dann die speciellen Gestaltungen, welche man der Hypothese geben musste, um die neueren Beobachtungen im Gebiet des Gesichts- und Gehörssinns mit ihr zu vereinen, die oben aufgezeigten Widersprüche dargelegt, zu deren Beseitigung von einer andern Seite die in der Nervenphysiologie gewonnenen Anschauungen hindrängen. Durch diese Aenderung des theoretischen Standpunktes ist die Empfindung, wie sich nicht verkennen lässt, dem äußeren Reiz näher gerückt, sie steht ihm nicht mehr als eine unbegriffene Energie bestimmter Nervengebiete völlig unabhängig, unberührt von der besondern Beschaffenheit des Reizes, gegenüber, sondern sie richtet sich wesentlich nach dieser, indem die Qualität der Empfindung nur aus der Einwirkung einer bestimmten Reizform auf die Nervensubstanz und deren äußere, wesentlich einen Theil des centralen Nervensystems selbst ausmachende Hülfsapparate hervorgeht. Natürlich wird dadurch die Empfindung nicht mit dem äußeren Reiz identisch, sondern sie bleibt die subjective Reaction des Bewusstseins, die bestimmten Nervenprocessen parallel geht. Der wesentliche Unterschied von der Hypothese der specifischen Energien

[1] J. Müller, Handbuch der Physiologie, II, S. 249 f. Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns, S. 39.

besteht aber darin, dass diese die Empfindung lediglich von den Theilen bestimmt sein lässt, in welchen der Reizungsvorgang abläuft, während wir in der Form dieses Vorgangs den nächsten Grund für die Qualität der Empfindung erkennen. Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, dass diese Anschauung auch die psychologisch begreiflichere ist. Wir können uns sehr wohl vorstellen, dass unser Bewusstsein qualitativ bestimmt sei durch die Beschaffenheit der Processe, welche in den Organen, die seine Träger sind, ablaufen: es wird uns aber schwer zu denken, wie dieses qualitative Sein nur mit den örtlichen Verschiedenheiten jener Processe veränderlich sein soll. Man müsste mindestens neben den örtlichen noch andere innere Verschiedenheiten annehmen. Dann ist man aber von selbst bei der obigen Anschauung angelangt, welche keineswegs leugnet, dass nebenbei die einzelnen Provinzen des Nervensystems in die verschiedenen Functionen sich theilen. Nur haben diese örtlichen Verschiedenheiten für unser Bewusstsein, das sich alle räumlichen Beziehungen erst construiren muss, weder einen ursprünglichen noch einen absolut unveränderlichen Werth[1]).

Achtes Capitel.

Intensität der Empfindung.

1. Maßmethoden der Empfindung.

Dass jede Empfindung eine gewisse Intensität besitzt, in Bezug auf welche sie mit andern Empfindungen, namentlich mit solchen von übereinstimmender Qualität, verglichen werden kann, ist eine Thatsache der innern Erfahrung. Nach der Intensität der Empfindungen schätzen wir unmittelbar die Stärke der äußeren Sinnesreize. Erst die physikalischen Untersuchungsmethoden gestatten eine genauere und von der Empfindung unabhängige Messung der letzteren. Hierdurch entsteht dann aber für die

1) Vom Standpunkte der Entwicklungstheorie aus hat wohl zuerst G. H. Lewes die Hypothese der specifischen Energien bekämpft. (Physiology of common life. London 1860, chap. VIII. Problems of life and mind. London 1874, p. 135.) Aehnliche Einwände machte später A. Horwicz geltend. (Psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage. Halle 1872, I, S. 108.) Ohne diese Ausführungen zu kennen, wurde ich bei der Ausarbeitung der ersten Auflage des vorliegenden Werkes (1872) von der Physiologie der Nervencentren und Sinnesorgane aus zu der Ueberzeugung geführt, dass jene Hypothese unhaltbar sei und auf die theoretischen Anschauungen, die in den genannten Gebieten in der neueren Zeit zur Geltung gekommen sind, zum Theil einen schädlichen Einfluss ausgeübt habe.

Psychologie die Aufgabe, zu ermitteln, inwiefern jene unmittelbare Schätzung, welche wir mit Hülfe der Empfindungen vornehmen, der wirklichen Stärke der Reize entspricht oder von ihr abweicht.

Das so festgestellte Verhältniss pflegt man als Beziehung zwischen Reiz und Empfindung zu bezeichnen. Der Kürze wegen mag dieser Ausdruck beibehalten werden. Es sei aber sogleich bemerkt, dass derselbe streng genommen unrichtig ist, da nur die Beziehung zwischen dem Reiz und der Auffassung der Empfindung unserer Messung zugänglich ist, während die Frage, wie sich die Empfindungen unabhängig von ihrer Auffassung und Vergleichung verhalten, durch die directe Untersuchung nicht beantwortet werden kann. Ferner ist es klar, dass die Untersuchung der Beziehung zwischen dem Reiz und der Empfindung nur die äußersten Endglieder einer Kette von Beziehungen herausgreift, welche sämmtlich ermittelt werden müssten, um alle psychophysischen Bedingungen der Empfindungsstärke festzustellen. Zunächst wird der physikalische Reiz in die Sinneserregung, diese in die Nervenreizung, und die letztere endlich in die centralen Vorgänge umgewandelt, welche die Empfindung begleiten. Ueber alle diese Vorgänge besitzen wir nur sehr geringe Aufschlüsse. Die Ermittelung der Beziehung zwischen Reiz und Empfindung bildet also erst den Anfang einer ziemlich weit aussehenden Untersuchung, und es ist unvermeidlich, dass die Resultate jener Ermittelung gegenwärtig noch verschiedener Deutungen fähig sind.

Unter Maßmethoden der Empfindung oder, wie man sie wegen ihrer allgemeinen Bedeutung auch genannt hat, unter psychophysischen Maßmethoden versteht man nun solche Methoden, welche bestimmt sind, die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen der quantitativen Veränderung der äußeren Sinnesreize und den quantitativen Veränderungen, welche in unserer subjectiven Auffassung die entsprechenden Empfindungen darbieten, festzustellen. Andere Maßmethoden gibt es nicht, weil eine von unserer Auffassung unabhängige Messung der Empfindungen vielleicht für immer, eine zureichende Messung der physiologischen Reizungsvorgänge aber wenigstens für jetzt unmöglich ist. Dies vorausgesetzt können der messenden Methodik auf diesem Gebiete zwei Aufgaben gestellt werden. Die erste besteht in der Bestimmung der Grenzwerthe, zwischen denen Veränderungen der Reize von Veränderungen der Empfindung begleitet sind, die zweite in der Ermittelung der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Reizänderung und Empfindungsänderung. In dieser allgemeinen Bedeutung beziehen sich die im folgenden zu erörternden Maßmethoden auf alle Eigenschaften der Empfindung, die überhaupt messbare Unterschiede darbieten, also nicht bloß auf die Intensität, sondern auch auf die Qualität der Empfindung; ja in vielen Fällen können sie auf

die quantitative Untersuchung der Vorstellungen übertragen werden, die aus dem Zusammenwirken verschiedener elementarer Empfindungen resultiren. Unbeschadet dieser Allgemeingültigkeit der Maßmethoden soll jedoch hier zunächst ihre Anwendung auf die Messung der Empfindungsstärke erörtert werden, eine Anwendung, die, weil sie die einfachste ist, zugleich die zweckmäßigste Einführung in die Lehre von den psychophysischen Maßmethoden überhaupt bildet.

Alle Intensitätsänderungen der Empfindung bewegen sich zwischen einer unteren und einer oberen Reizgrenze. Die untere Grenze, diesseits welcher die Reizbewegung zu schwach ist, um eine merkliche Empfindung zu verursachen, nennt man die Reizschwelle; die obere, über die hinaus eine Steigerung der Reizstärke die Intensität der Empfindung nicht mehr zunehmen lässt, wollen wir die Reizhöhe nennen[1]). Der Reizschwelle entspricht die eben merkliche Empfindung oder, wie wir sie kürzer nennen wollen, die Minimalempfindung, der Reizhöhe die Maximalempfindung. Von der Lage der Reizschwelle ist die Reizempfindlichkeit abhängig. Je kleiner diejenige Reizgröße ist, welche der Minimalempfindung entspricht, um so größer nennen wir die Empfindlichkeit. Liegt z. B. in einem gegebenen Fall die Minimalempfindung beim Reize 1, in einem andern beim Reize 2, so verhält sich die Empfindlichkeit wie 1 : $^1/_2$, oder allgemein: die Reizempfindlichkeit ist proportional dem reciproken Werth der Reizschwelle. Von der Reizhöhe dagegen wird eine andere Eigenschaft bestimmt, welche wir die Reizempfänglichkeit nennen wollen, indem wir darunter die Fähigkeit verstehen, wachsenden Werthen des Reizes mit der Empfindung zu folgen. Je größer die Reizhöhe, um so größer wird die Reizempfänglichkeit sein. Beginnt z. B. die Maximalempfindung in zwei zu vergleichenden Fällen bei Reizen, die sich wie 1 : 2 verhalten, so verhält sich auch die Empfänglichkeit wie 1 : 2, oder allgemein: die Reizempfänglichkeit ist proportional dem directen Werth der Reizhöhe. Bezeichnen wir endlich das ganze Gebiet derjenigen Reizgrößen, deren Veränderung von einer parallel gehenden Veränderung der Empfindung begleitet ist, als den Reizumfang, so wird derselbe zunehmen, je mehr die Reizschwelle sinkt und die Reizhöhe steigt. Liegt z. B. in einem ersten Fall die Reizschwelle bei 1, die Reizhöhe bei 4, in einem zweiten jene bei 2, diese bei 8, so ist beidemal der relative Reiz-

1) Der metaphorische Ausdruck Schwelle rührt von HERBART her. Er nannte diejenige Grenze, welche die Vorstellungen bei ihrem Bewusstwerden zu überschreiten scheinen, die Schwelle des Bewusstseins. (Psychologie als Wissenschaft, Werke V, S. 541.) Von FECHNER wurde dieser Ausdruck auf das Empfindungsmaß übertragen (Elemente der Psychophysik I, S. 238). Es scheint mir angemessen für den der Schwelle gegenüberstehenden maximalen Grenzwerth ebenfalls eine kurze Bezeichnung einzuführen, wofür ich den Ausdruck Reizhöhe vorschlage.

umfang = 4. Liegt aber in einem dritten Fall die Reizschwelle bei $^1/_2$, die Reizhöhe bei 4, so ist derselbe nun = 8. Oder allgemein: der relative Reizumfang ist proportional dem Producte der Reizempfänglichkeit in die Reizempfindlichkeit oder dem Quotienten der Reizschwelle in die Reizhöhle. Bezeichnen wir, um diese Beziehungen festzuhalten, die Reizschwelle mit S, die Reizhöhe mit H, so ist

das Maß der Reizempfindlichkeit $= \frac{1}{S}$,

das Maß der Reizempfänglichkeit $= H$,

das Maß des Reizumfangs $= \frac{H}{S}$.

Zur Bestimmung der Reizschwelle kann man sich zweier Methoden bedienen. Man lässt entweder einen Reiz, der unter der Größe S liegt, langsam anwachsen, bis er diese Größe erreicht hat, oder man lässt einen Reiz, der über der Schwelle liegt, so lange abnehmen, bis er eben unmerklich geworden ist. Im ersten Fall erhält man einen etwas größeren Werth als im zweiten: dort die eben merkliche, hier die eben unmerkliche Reizstärke. Am zweckmäßigsten combinirt man daher beide Methoden, indem man aus ihren Ergebnissen das Mittel nimmt und also die Reizschwelle als diejenige Größe bestimmt, welche zwischen dem eben merklichen und dem eben unmerklichen Reize genau in der Mitte liegt. Zur Ermittelung der Reizhöhe lässt sich nur eine einzige Methode verwenden: man lässt einen Reiz, welcher etwas unter dem Werthe H liegt, bis zu der Größe zunehmen, über welche hinaus eine merkliche Steigerung der Empfindung nicht mehr bewirkt werden kann. Das umgekehrte Verfahren ist hier wegen der starken Ermüdung, die übermaximale Reize herbeiführen, ausgeschlossen. Da aber der nämliche Einfluss schon diesseits der Reizhöhle sich in störender Weise geltend macht, so sind überhaupt numerische Ermittelungen der oberen Reizgrenze sehr unsicher. Bei der Bestimmung der beiden Grenzwerthe S und H wird es endlich unerlässlich zum Behuf der möglichsten Elimination wechselnder Zustände des Bewusstseins und der Sinnesorgane zahlreiche Beobachtungen auszuführen, bei denen auf den Gang der Ermüdungseinflüsse Rücksicht zu nehmen ist. Dies ist bis jetzt selbst bei den Untersuchungen über die Reizschwelle kaum geschehen. Ueberdies bleibt gerade die letztere bei einigen Sinnesorganen deshalb unbestimmbar, weil, wie wir unten sehen werden, permanente schwache Reize existiren, durch welche sich die betreffenden Sinne fortwährend über der Reizschwelle befinden.

Gesetzmäßige Beziehungen zwischen Reizänderung und Empfindungsänderung sind in dem ganzen Gebiet des Reizumfangs von der Reizschwelle bis zur Reizhöhe der Untersuchung zugänglich. Die

Aufgabe besteht hier darin, zu ermitteln, um welche Größe in den verschiedenen Theilen der zwischen jenen Grenzen eingeschlossenen Reizscala nach unserer Schätzung die Empfindungsstärke sich ändert, wenn die Reizstärke um eine gegebene Größe geändert wird. Je kleiner diejenige Reizänderung ist, die erfordert wird, um eine gegebene, in den verglichenen Beobachtungen constant erhaltene Aenderung in unserer Auffassung der Empfindung hervorzubringen, um so größer nennen wir die **Unterschiedsempfindlichkeit**. Die letztere wird also gemessen durch den reciproken Werth der zu einer bestimmten Empfindungsänderung nöthigen Aenderung der Reizintensität. Zu ihrer Bestimmung kann man die folgenden **vier Methoden** anwenden, von denen sich die zwei ersten als die **Abstufungsmethoden**, die zwei letzten als die **Fehlermethoden** bezeichnen lassen. Sie alle zusammen tragen, zur Unterscheidung von andern Methoden der experimentellen Psychologie, den Namen der **psychophysischen Maßmethoden**, da sie, weit über den vorliegenden Zweck hinaus, überall da zur Anwendung kommen, wo es sich um eine Maßbestimmung psychischer Vorgänge und um eine Ermittelung ihrer quantitativen Beziehung zu den ihnen parallel gehenden physischen Vorgängen handelt.

1. **Die Methode der Minimaländerungen** (auch Methode der eben merklichen Unterschiede genannt). Bei ihr sucht man auf verschiedenen Stufen der Reizscala diejenige Aenderung der Reizstärke festzustellen, welche eine minimale, d. h. eben die Grenze unserer Auffassung erreichende Aenderung der Empfindung bewirkt. Das Verfahren ist hiernach demjenigen verwandt, das zur Ermittelung der Reizschwelle dient. Nur hat man dabei nicht die Empfindung Null mit einem Minimalwerth der Empfindung, sondern Empfindungen von verschiedener Größe mit andern Empfindungen zu vergleichen, welche von ihnen um minimale Werthe verschieden sind. Wegen dieser Analogie hat FECHNER jenen Reizunterschied, welcher einem eben merklichen Unterschied zweier Empfindungen entspricht, als die **Unterschiedsschwelle** bezeichnet[1]. Je größer diese Unterschiedsschwelle ist, um so geringer ist offenbar die Unterschiedsempfindlichkeit: die Größe der letzteren wird also unmittelbar durch die reciproken Werthe der ersteren gemessen. Zur Feststellung der Unterschiedsschwelle lässt man zuerst einen untermerklichen Unterschied so lange zunehmen, bis er übermerklich wird, und hierauf einen übermerklichen Unterschied so lange abnehmen, bis er untermerklich wird. Als Unterschiedsschwelle wird dann diejenige Reizänderung betrachtet, welche zwischen dem eben verschwindenden und dem eben merklich werdenden Unterschied genau in der Mitte liegt, wobei dieser Mittelwerth, um ver-

1) FECHNER, Elemente der Psychophysik, I, S. 242.

änderliche Nebeneinflüsse möglichst zu eliminiren, wieder aus mehrfach wiederholten, in verschiedener Zeitfolge der Reize oder bei abwechselnder räumlicher Lage derselben ausgeführten Beobachtungen gewonnen werden muss. Solche Versuchsreihen werden bei verschiedenen Reizintensitäten ausgeführt und ergeben so eine Scala von Unterschiedsschwellen [1]).

2. Die Methode der mittleren Abstufungen (auch Methode der übermerklichen Unterschiede genannt). Sie kommt, obgleich in ihrer psychophysischen Anwendung jünger als die vorangegangene und die folgenden Methoden, demjenigen Verfahren, nach welchem wir im praktischen Leben Empfindungen abschätzen, am nächsten. So lange wir uns darauf beschränken, je zwei qualitativ übereinstimmende Empfindungen in Bezug auf ihre Intensität zu vergleichen, vermögen wir nur anzugeben, ob sie wenig oder sehr verschieden sind in ihrer Stärke; eine nähere quantitative Bestimmung ist aber, so lange uns nicht Associationen zu Hülfe kommen, unmöglich. Dies wird anders, sobald drei Empfindungen zur Vergleichung herbeigezogen werden. Wir vermögen dann im allgemeinen leicht zu entscheiden, ob sich diejenige Empfindung, welche zwischen der schwächsten und stärksten liegt, näher bei der ersten oder der zweiten befinde, oder ob sie etwa gleich weit von beiden entfernt sei. Stuft man demgemäß je drei Reize allmählich so ab, dass der mittlere nach unserer Schätzung genau zwischen dem ersten und dritten die Mitte hält, so lässt sich durch die wiederholte Anwendung dieses Verfahrens eine Reizscala herstellen, deren Intervalle gleich großen Intervallen unserer Empfindungsschätzung entsprechen. Misst man dann die physikalische Intensität der sämmtlichen zur Anwendung gekommenen Reize, so ergibt sich hieraus unmittelbar die Beziehung zwischen der wirklichen und der von uns mittelst der Intensität der Empfindung geschätzten Reizstärke. Bezeichnen wir die auf einander folgenden Werthe der durch mittlere Abstufung gewonnenen Reizscala mit $r_1, r_2, r_3, r_4 \ldots$, so werden die Quotienten $\frac{r_2}{r_1}, \frac{r_3}{r_2}, \frac{r_4}{r_3}, \ldots$ um so größer werden, je mehr die Unterschiedsempfindlichkeit abnimmt, und es werden daher unmittelbar ihre reciproken Werke $\frac{r_1}{r_2}, \frac{r_2}{r_3} \ldots$ als Maße der Unterschiedsempfindlichkeit benutzt werden können. Für die Gewinnung zuverlässiger Resultate ist es aber unerlässlich, diese Methode entweder mit derjenigen der Minimaländerungen oder mit einer der beiden sogleich zu besprechenden Fehlermethoden zu combiniren [2]).

1) Fechner, Elemente der Psychophysik, I, S. 71, 94, 120. G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik. Berlin 1878, S. 56. Wundt, Phil. Stud. I, S. 556.

2) Plateau, Bulletin de l'acad. roy. de Belgique, t. XXXIII, p. 376. J. Delboeuf, Étude psychophysique. Bruxelles 1873. p. 50.

3. Die Methode der mittleren Fehler. Sie stützt sich auf die Erwägung, dass, je kleiner der Unterschied des Reizes ist, der in der Empfindung merklich wird, um so kleiner auch derjenige Reizunterschied sein werde, welcher nicht mehr merklich ist. Man darf daher voraussetzen, dass die Genauigkeit, mit welcher, wenn ein erster Reiz gegeben ist, ein zweiter nach der Empfindung abgestuft wird, um demselben gleich zu erscheinen, der Größe der Unterschiedsschwelle umgekehrt proportional sei. Demgemäß sucht man im Vergleich mit einer gegebenen Reizstärke eine zweite so abzustufen, dass sie eine von der ersten nicht zu unterscheidende Empfindung erzeugt. Die Präcision, mit der dies geschieht, ist umgekehrt proportional dem durchschnittlich begangenen Fehler. Da nun weiterhin die Genauigkeit der Bestimmungen um so größer sein wird, je kleinere Empfindungsunterschiede wir zu schätzen vermögen, so muss auch die Unterschiedsempfindlichkeit dem begangenen Fehler umgekehrt proportional sein. Maßgebende Werthe für den Betrag dieses Fehlers erhält man aber erst aus zahlreichen Einzelbeobachtungen, da der im einzelnen Fall begangene Fehler von dem einem fortwährenden Wechsel unterworfenen Stand des Bewusstseins und andern Nebenumständen mitbestimmt ist, welche erst in einer größern Zahl von Versuchen sich ausgleichen lassen. Das Mittel aus den in einer großen Zahl von Beobachtungen erhaltenen einzelnen Fehlern ist der mittlere Fehler. Derselbe kann in zwei Bestandtheile zerlegt werden: in einen constanten Mittelfehler, der von der Zeit- und Raumlage der mit einander verglichenen Empfindungen abhängt, und der bei einer bestimmten Zeit- und Raumlage einen bestimmten positiven oder negativen Werth hat, und in einen variabeln Mittelfehler, der aus einer positiven und einer negativen Componente besteht, die beide ihrem absoluten Werthe nach einander gleich sein müssen. Diesem variabeln Mittelfehler ist die Unterschiedsempfindlichkeit reciprok. Derselbe muss daher aus dem rohen mittleren Fehler durch Elimination des constanten Fehlers d. h. der Einflüsse der Zeit- und Raumlage der Reize gefunden werden[1]).

Die Methode der mittleren Fehler geht aus der Methode der Minimaländerungen dann hervor, wenn man sich bei dieser auf die Feststellung der eben untermerklichen Reizunterschiede beschränkt. Bei der Ausführung größerer Versuchsreihen zum Behufe dieser Feststellung ergeben sich dann von selbst jene Schwankungen, welche zu einer Trennung des constanten und variabeln mittleren Fehlers und zur Verwerthung des letzteren für die Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit herausfordern.

1) FECHNER, Elemente der Psychophysik I, S. 120. Revision der Hauptpunkte der Psychophysik S. 104. G. E. MÜLLER a. a. O. S. 74.

Aehnlich entspringt nun die folgende, vierte Methode aus dem Verfahren der eben übermerklichen Reizunterschiede; sie weicht aber zugleich von den drei vorangegangenen Methoden dadurch wesentlich ab, dass bei ihr nicht die Reize nach der Empfindung abgestuft werden, sondern dass man umgekehrt die Reizunterschiede constant lässt und untersucht, wie sich in zahlreichen Beobachtungen die Empfindungen verhalten, die solchen constanten Reizunterschieden entsprechen.

4. Die Methode der richtigen und falschen Fälle. Lässt man zwei sehr wenig verschiedene Reize A und B in oft wiederholten Versuchen auf ein Sinnesorgan einwirken, so wird wegen der Schwankungen der Unterschiedsempfindlichkeit und sonstiger Einflüsse, welche die Vergleichung von Empfindungen unsicher machen, bald $A > B$ bald $B > A$, bald $A = B$ erscheinen. Nennen wir demnach solche Schätzungen, bei denen ein vorhandener Reizunterschied richtig aufgefasst wird, richtige Fälle (r), solche, in denen der in Wirklichkeit schwächere Reiz als der stärkere erscheint, falsche Fälle (f), und solche endlich, in denen beide Reize gleich erscheinen, Gleichheitsfälle (g), so wird in einer größeren Reihe von Beobachtungen auf eine gewisse Zahl richtiger immer eine gewisse Zahl von falschen und von Gleichheitsfällen kommen. Das Verhältniss der richtigen Fälle r zur Gesammtzahl n der Fälle, der Quotient $\frac{r}{n}$, wird nun offenbar um so mehr der Einheit $\left(\frac{n}{n}\right)$ sich nähern, je größer der Reizunterschied, oder je größer bei gleichem Reizunterschied die Unterschiedsempfindlichkeit ist. Lässt man daher in verschiedenen Beobachtungsreihen den Reizunterschied constant, so wird der Quotient $\frac{r}{n}$ ein Maß der Unterschiedsempfindlichkeit sein können. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass die Gleichheitsfälle ein Mittelgebiet zwischen richtigen und falschen Fällen darstellen, das deshalb theils den ersteren, theils den letzteren zuzurechnen sein wird. Ist der Unterschied D der beiden Reize sehr wenig von 0 verschieden, so werden ohne erheblichen Fehler die Fälle g zwischen r und f gleichmäßig vertheilt werden können. Als die corrigirte Zahl der richtigen Fälle wird also dann die Summe $r + \frac{g}{2}$ zu betrachten sein. Setzt man $r + \frac{g}{2} = r'$, so wird daher nicht $\frac{r}{n}$, sondern der Quotient $\frac{r'}{n}$ als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit zu verwenden sein. Doch kann dieser Quotient nicht, wie der reciproke Werth des eben merklichen Unterschieds oder des mittleren variabeln Fehlers, unmittelbar als Maß dienen. Denn ein doppelt so großer Werth von $\frac{r'}{n}$ entspricht

keineswegs etwa einer doppelt so großen Unterschiedsempfindlichkeit, sondern diese wird dann doppelt so groß sein, wenn der Zuwachs des Reizes, welcher denselben durchschnittlichen Werth von $\frac{r'}{n}$ herbeiführt, in dem einen Fall halb so groß ist als in dem andern. Wenn z. B. bei Versuchen über die Druckempfindung in einer ersten Reihe ein Druck $P + 0{,}4\ P$, in einer zweiten $P + 0{,}2\ P$ den gleichen Werth für $\frac{r'}{n}$ herbeiführten, so würde die Unterschiedsempfindlichkeit hier doppelt so groß sein als dort. Man muss also, um diese in verschiedenen Fällen zu bestimmen, entweder den Reizzuwachs D so variiren, dass $\frac{r'}{n}$ immer gleich bleibt, oder man muss aus den verschiedenen Werthen $\frac{r'_1}{n}, \frac{r'_2}{n}, \frac{r'_3}{n} \ldots$, die man bei constant gebliebenem Reizzuwachs erhalten hat, berechnen, welcher Werth D nöthig gewesen wäre, um immer dasselbe $\frac{r'}{n}$ zu erhalten. Da das erste dieser Verfahren zu umständlich sein würde, so ist nur das zweite anwendbar[1]). Die Unterschiedsempfindlichkeit ist dann dem Werthe $\frac{1}{D}$ proportional.

Auch bei der Methode der richtigen und falschen Fälle kommt das Princip der großen Zahlen zur Anwendung, wonach veränderliche Bedingungen, welche die Resultate beeinflussen, in einer großen Zahl von Beobachtungen sich ausgleichen. Aber auch hier gilt solche Ausgleichung nur insofern, als jene Nebenumstände nicht in einem constanten Sinne wirksam sind. Dieselben Verhältnisse, namentlich die Einflüsse der Zeit- und Raumlage der Reize, die bei der vorigen Methode einen constanten mittleren Fehler herbeiführen, bedingen bei der gegenwärtigen constante Abweichungen, welche eliminirt werden müssen. Dies geschieht, indem man verschiedene Beobachtungsreihen ausführt, in denen D constant bleibt, während jene Einflüsse variirt werden[2]).

Vergleichen wir die vier Maßmethoden miteinander, so ist zunächst klar, dass jede derselben ein besonderes Maß der Unterschiedsempfindlichkeit ergibt, denn wir haben als solches benutzt: 1) bei der Methode der Minimaländerungen den reciproken Werth der Unterschiedsschwelle des Reizes: $\frac{1}{U}$, 2) bei der Methode der mittleren Abstufungen den Quotienten je zweier in der hergestellten Reizscala auf einander folgender Reizgrößen: $\frac{R'}{R''}$, 3) bei der Methode der

1) Fechner, Elemente I, S. 104. Revision S. 84.

2) Dabei können durch veränderte Versuchsbedingungen außerdem die verschiedenen Miteinflüsse von einander geschieden werden. Vgl. Fechner a. a. O. S. 113 ff. G. E. Müller a. a. O. S. 46 ff.

mittleren Fehler den reciproken Werth des mittleren variabeln Fehlers: $\frac{1}{F}$, und 4) bei der Methode der richtigen und falschen Fälle den reciproken Werth desjenigen Reizzuwachses, welcher in verschiedenen Fällen das gleiche Verhältniss $\frac{r}{n}$ herbeiführt: $\frac{1}{D}$. Diese drei Maße sind nach ihrer absoluten Größe nicht unmittelbar mit einander vergleichbar. Zur Feststellung der gesetzmäßigen Beziehung zwischen Reizänderung und Empfindungsänderung kann aber jede derselben verwendet werden: hierzu ist nur erforderlich, dass die Maße $\frac{1}{U}$, $\frac{R'}{R''}$, $\frac{1}{F}$ oder $\frac{1}{D}$ bei verschiedenen absoluten Reizstärken bestimmt werden.

Unter den vier erörterten Methoden ist die der Minimaländerungen die älteste; sie wurde zuerst von E. H. WEBER[1]), dem Urheber der psychophysischen Messungen, angewandt. Die Methode der mittleren Abstufungen ist zuerst bei der Messung von Sterngrößen benutzt und danach von PLATEAU für psychophysische Zwecke vorgeschlagen worden. Versuche nach der Methode der mittleren Fehler wurden zuerst von FECHNER und VOLKMANN[2]), solche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle von VIERORDT[3]) ausgeführt. Die Theorie dieser Methoden hat aber erst FECHNER[4]) in umfassender Weise entwickelt und dadurch eine genauere Anwendung derselben möglich gemacht; werthvolle Ergänzungen sind von G. E. MÜLLER[5]) und JUL. MERKEL[6]) gegeben worden. Die Methode der Minimaländerungen sowie diejenige der mittleren Abstufungen besaßen in ihren früheren Anwendungen nur den Charakter approximativer Verfahrungsweisen, da man sich mit einer tastenden Aufsuchung der Unterschiedsschwellen und der mittleren Intensitäten begnügte. In den neueren Beobachtungen ist auch für sie ein methodischeres Verfahren eingeführt worden, welches sie den übrigen Methoden gleichstellt, indem es die Elimination constanter Fehler und die Ermittelung der wahrscheinlichen Fehler der Schätzungen ebenfalls möglich macht[7]).

Hinsichtlich der näheren Ausführung der vier psychophysischen Methoden mögen der obigen allgemeinen Darstellung nun noch einige speciellere Bemerkungen folgen.

1. Die Methode der Minimaländerungen. Nennen wir denjenigen Reiz der ganzen Reizscala, für welchen in einem einzelnen Fall die Unterschiedsschwelle bestimmt werden soll, den Normalreiz r, einen anderen mit ihm zu vergleichenden variabeln Reiz den Vergleichsreiz r', so besteht die nächste Aufgabe darin, denjenigen Werth von r' zu finden, bei welchem r' um ein eben merkliches größer oder kleiner ist als r. Zu diesem Zweck wird zuerst $r' = r$ genommen, dann durch unmerkliche Zwischenstufen so lange verstärkt, bis eben $r' > r$ erscheint; dieser Punkt wird aufgezeichnet, aber zur

1) Anotationes anatomicae et physiologicae, XII (1834), Lips. 1851. Art. Tastsinn und Gemeingefühl in WAGNER's Handwörterb. der Physiol. III, 2. S. 481.
2) FECHNER, Elemente der Psychophysik, I, S. 74.
3) Archiv f. physiol. Heilk. XI, S. 844, XV, S. 185.
4) Elemente der Psychophysik I u. II, Revision der Hauptpunkte der Psychophysik 1882, Ueber die psychischen Maßprincipien, Philos. Stud. IV, S. 161 ff.
5) Zur Grundlegung der Psychophysik. Berlin 1878.
6) Philos. Stud. VII, S. 558 ff., VIII, S. 97 ff.
7) Philos. Stud. I, S. 556, III, S. 497.

Sicherstellung desselben r' noch etwas weiter verstärkt. Hierauf wird r' allmählich geschwächt, bis ebenso der Punkt, wo $r' = r$ erscheint, erreicht und wieder etwas überschritten ist. Man hat auf solche Weise zwei Werthe, die wir mit r'_0 und r''_0 bezeichnen wollen, und aus denen man den Mittelwerth $r_0 = \frac{r'_0 + r''_0}{2}$ bestimmt. In ähnlicher Weise geht man nun von dem Punkte $r' = r$ nach abwärts, indem man r' kleiner als r werden lässt, bis man wieder durch unmerkliche Abstufungen den Punkt erreicht hat, wo $r' < r$ erscheint, und von hier wird endlich wieder bis zur scheinbaren Gleichheit von r' und r zurückgegangen. Aus den so erhaltenen Werthen, die wir mit r'_u und r''_u bezeichnen wollen, wird ebenfalls ein Mittelwerth $r_u = \frac{r'_u + r''_u}{2}$ berechnet. Auf diese Weise gewinnt man zwei Schwellenwerthe, nämlich

die obere Unterschiedsschwelle $\Delta r_0 = r_0 - r$, und
die untere Unterschiedsschwelle $\Delta r_u = r - r_u$.

Derartige Versuchsreihen zur Bestimmung von Δr_0 und Δr_u werden für jedes r zahlreiche ausgeführt, um genauere Mittelwerthe zu gewinnen und, wo es sich nöthig zeigt, constante Fehler zu eliminiren. Die Bedingung zur Entstehung solcher Fehler ist namentlich dadurch gegeben, dass die Raum- oder Zeitlage der Reize stets auf deren Schätzung einen Einfluss äußert. Der Einfluss der Raumlage ist eventuell (nämlich wenn die zu vergleichenden Reize nach einander einwirken) zugleich mit der Zeitlage bei Tast- und Gesichtsversuchen, der Einfluss der Zeitlage allein bei Schallversuchen zu beachten. Geht z. B. im letzteren Fall regelmäßig der Normalschall voran, so erhält man für r_0 und für r_u einen anderen Werth, als wenn der Vergleichsschall vorangeht. Es ist daher erforderlich, jede dieser Bestimmungen bei doppelter Zeitlage vorzunehmen, oder allgemein: wo verschiedene Raum- oder Zeitlagen möglich sind, da muss sowohl r_0 wie r_u in jeder Raum- und Zeitlage besonders bestimmt und dann aus allen diesen Bestimmungen das Mittel genommen werden. Ist der Fehler der Zeitlage so groß, dass bei objectiver Gleichheit von r und r' in der Empfindung entweder $r > r'$ oder $r' > r$ erscheint, so muss das Verfahren dahin abgeändert werden, dass man in jeder Zeitlage nicht von dem Punkt objectiver sondern von einem Punkt subjectiver Gleichheit der Reize ausgeht, wobei dieser Punkt wieder für die beiden Zeitlagen rr' und $r'r$ durch Vorversuche besonders zu bestimmen ist. In allen übrigen Beziehungen bleibt dabei die Ausführung der Methode unverändert. Hat man auf einem dieser Wege schließlich für eine Reihe verschiedener Reizgrößen r die zugehörigen Werthe r_0 und r_u gewonnen, so ergeben sich unmittelbar für die functionellen Beziehungen der Unterschiedsempfindlichkeit folgende Gesichtspunkte:

Wenn Δr_0 und Δr_u constant bleiben, während zugleich fortwährend $\Delta r_0 = \Delta r_u$ ist, so bedeutet dies Constanz der absoluten Unterschiedsempfindlichkeit. Verändern sich dagegen Δr_0 und Δr_u beide mit wachsendem r, während für irgend ein einzelnes r Δr_0 von Δr_u nur wenig verschieden ist, so verändert sich zwar die Unterschiedsempfindlichkeit mit wachsendem Reize, aber diese Veränderung zwischen den Grenzen r_u und r_0 ist so klein, dass man annähernd die mittlere Unterschiedsschwelle $\Delta r = \frac{\Delta r_0 + \Delta r_u}{2}$



setzen kann. Es lässt sich dann der Schätzungswerth R des Reizes r finden aus der Gleichung

$$R = r_0 - \Delta r = r_u + \Delta r ,$$

und eine Größe $\Delta = R - r = \frac{1}{2}(\Delta r_0 - \Delta r_u)$ bezeichnet die Schätzungsdifferenz, wobei positive Werthe von Δ ein Ueberschätzen, negative ein Unterschätzen des Reizes r ausdrücken. Weichen Δr_0 und Δr_u erheblich von einander ab, so genügt aber ihr arithmetisches Mittel nicht mehr, um die mittlere Unterschiedsschwelle Δr zu gewinnen, sondern es muss nun bei der Bestimmung der letzteren das Gesetz, nach welchem sich die Unterschiedsempfindlichkeit verändert, berücksichtigt werden. Angenommen z. B., die Unterschiedsschwellen wüchsen bei zunehmender Intensität der Empfindung in einer geometrischen Progression, so würde die mittlere Schwelle das geometrische Mittel aus den beiden Partialschwellen, also $\Delta r = \sqrt{(\Delta r_0)^2 \, . \, (\Delta r_u)^2}$ sein. Wir werden sehen, dass die zu beobachtende Veränderung der Unterschiedsschwelle bei wachsendem Reize in der That das geometrische Mittel fordert. Da übrigens jene Veränderung innerhalb enger Grenzen sehr klein ist, so kann statt derselben im allgemeinen ohne merklichen Fehler das arithmetische Mittel verwendet werden[1]).

Ein besonderes Interesse bietet wegen der unten zu erörternden gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung der Fall einer Constanz der relativen Unterschiedsempfindlichkeit bei wechselnder Reizgröße r. Soll diese Constanz bestehen, so müssen sich aus den Beobachtungen die folgenden Gleichungen ergeben:

$$\frac{\Delta}{r} = \text{const.}, \quad \frac{r_0}{r} = \frac{r}{r_u} = \text{const.}$$

Die nach der oben angegebenen Methode in einem einzelnen Versuch bei einem gegebenen Reize r gewonnenen Werthe r_0, r_u und Δ können natürlich auf zureichende Genauigkeit noch keinen Anspruch erheben, sondern es müssen zahlreiche Einzelbestimmungen vorgenommen werden, aus denen das Mittel zu nehmen ist. Hierbei ergibt sich dann zugleich aus den Abweichungen der Einzelbeobachtungen von einander nach den Regeln der Fehlertheorie der wahrscheinliche Fehler der Einzelbeobachtungen, welcher in diesem Fall zugleich ein reciprokes Maß für die Genauigkeit der Empfindungsunterschiede ist. Hat man nämlich in n Beobachtungen bei dem nämlichen Reize für die Schätzungsdifferenz den Mittelwerth Δ und die Einzelwerthe Δ_1, Δ_2, $\Delta_3 \ldots \Delta_n$ erhalten, so ist der mittlere variable Fehler einer Beobachtung $F = \sqrt{\frac{(\Delta - \Delta_1)^2 + (\Delta - \Delta_2)^2 + \ldots \Delta - \Delta_n)^2}{n - 1}}$, aus welchem man den wahrscheinlichen Fehler $wF = 0{,}6745\, F$ oder annähernd $= \frac{2}{3} F$ findet, und daraus den wahrscheinlichen Fehler in der Bestimmung des mittleren Schätzungswerthes R oder der Schätzungsdifferenz $\Delta = wF_m = \frac{wF}{\sqrt{n}}$.

Der große Werth der Minimalmethode besteht darin, dass sie allein (keine der folgenden Methoden kommt ihr in dieser Beziehung gleich) eine sichere

[1] Wundt, Philos. Studien I, S. 556. Ueber specielle Modificationen der Methode vgl. P. Starke, ebend. III, S. 275, und J. Merkel, ebend. IV. S. 118.

Bestimmung der das directeste Maß der Unterschiedsempfindlichkeit abgebenden Unterschiedsschwelle zulässt. Ihr Nachtheil besteht dagegen in den nicht eliminirbaren störenden Einflüssen, die bei ihr der Zustand der Erwartung ausübt, indem derselbe geneigt macht, um so leichter eine Empfindungsdifferenz anzunehmen, je häufiger schon in einer bestimmten Richtung ein Reizunterschied verändert worden ist. Damit der so entstehende Erwartungsfehler möglichst klein werde, muss vor allem die Größe der Stufen nach Maßgabe von eigens zu diesem Zweck ausgeführten Vorversuchen so gewählt werden, dass sie im Verhältniss zu der jeweils zu bestimmenden Unterschiedsschwelle weder zu groß noch zu klein ist. Zugleich darf in einem bestimmten Empfindungsgebiete nur dann bei den verschiedenen Punkten der Reizscala eine und dieselbe Stufengröße gewählt werden, falls sich herausstellen sollte, dass auch die absolute Unterschiedsschwelle die nämliche ist. Trifft also letzteres nicht zu, so muss die Stufengröße stets proportional der Veränderung der Unterschiedsschwelle variirt werden. Auch hier gestalten sich diese Bestimmungen wieder sehr einfach für den Fall, dass nicht die absolute, sondern die relative Unterschiedsschwelle constant ist. Dann kann man, wenn für den Ausgangsreiz r_1 die gewählte Stufengröße $= \delta_1$ war, die einem Reize r_2 entsprechende Stufe $\delta_2 = \frac{r_2}{r_1}\delta_1$ nehmen. Noch vollständiger dürfte sich jedoch der Erwartungsfehler eliminiren lassen, wenn, analog wie es bei der unten folgenden Methode der mittleren Abstufungen mit Erfolg geschehen ist, an der Stelle einer regelmäßigen eine unregelmäßige Variation des Vergleichsreizes erfolgt. Man gebe also in einer Reihe von Versuchen successiv zu dem Normalreiz r die Vergleichsreize $r_1, r_2, r_3 \ldots$, die unregelmäßig über und unter r gelegen sind, so aber dass keiner von ihnen die Unterschiedsschwelle erheblich überschreitet. Aus einer Reihe so ausgeführter Versuche sind 1) die unter dem Normalreiz r gelegenen Werthe des Vergleichsreizes r', bei denen $r' = r$ empfunden wurde, zu einem Mittel zu vereinigen, 2) die ebenso gelegenen, denen r' eben merklich $< r$ entsprach, sodann 3) die über r gelegenen Werthe $r' = r$, 4) die ebenso gelegenen r' eben merklich $> r$. Aus 1 und 2 erhält man dann, wie oben, die untere, aus 3 und 4 die obere Unterschiedsschwelle. Hierbei trägt aber zugleich dies Verfahren den Charakter einer combinirten Methode an sich, da man, wie aus der unter 4 zu besprechenden Methode der richtigen und falschen Fälle ersichtlich sein wird, alle Ergebnisse $r' < r$, $r' > r$ und $r' = r$, ohne Rücksicht auf die gleichzeitige Bedeutung von Schwellenwerthen, die einzelnen Fällen der Ungleichungen $r' < r$ und $r' > r$ zukommt, nach der Methode der r- und f-Fälle behandeln kann. Es ergibt sich dadurch die Möglichkeit, aus dem nämlichen Versuchsmaterial die beiden zur Messung der Unterschiedsempfindlichkeit verwerthbaren Größen, die Unterschiedsschwelle und das unten zu erörternde Präcisionsmaß, neben einander zu bestimmen.

2. Die Methode der mittleren Abstufungen. Bei ihr misst man die Veränderungen der Unterschiedsempfindlichkeit mit der Reizstärke, indem man die Quotienten $\frac{r_1}{r_2}, \frac{r_2}{r_3}, \frac{r_3}{r_4}, \frac{r_4}{r_5} \ldots$ der Reihe nach bestimmt. Dies geschieht, indem von drei auf einander folgenden Reizen r_1, r_2 und r_3 der untere und obere, r_1 und r_3, constant erhalten, der mittlere r_2 aber stetig abgestuft wird. Um die Punkte zu finden, wo r_2 ebenso weit von r_1 wie von r_3 entfernt zu sein scheint, kann man ein doppeltes Verfahren anwenden. Bei dem

ersten, dem Verfahren der stetigen Variationen des mittleren Reizes, geht man zunächst von einem der unteren Grenze näher liegenden Werthe des Reizes aus und lässt dann diesen zuerst bis zu einem Punkte r'_u zunehmen, welcher eben der Mitte entspricht, und dann darüber hinaus, um einen Punkt r'_o zu bestimmen, bei welchem eine obere Grenze dieser Mittenschätzung erreicht wird. Ebenso wird in umgekehrter Richtung verfahren, indem man, von einem r_2 näher liegenden Werthe ausgehend, zuerst einen oberen Grenzpunkt r''_o und dann einen unteren r''_u der Mittenschätzung bestimmt. Man erhält so schließlich r_2 als Mittel aus den vier Werthen r'_u, r''_u, r'_o und r''_o, wobei man sich je nach Umständen des arithmetischen oder geometrischen Mittels bedienen kann. Hiernach besteht dieses Verfahren in einer Verbindung der Methode der mittleren Abstufungen mit der Methode der Minimaländerung. Das zweite Verfahren lässt sich als das der unregelmäßigen Variationen des mittleren Reizes bezeichnen. Man lässt bei demselben bald in aufsteigender bald in absteigender Folge drei Reize r_1, r_v, r_2 einwirken, indem wieder r_1 und r_2 constant bleiben, r_v aber beliebig und sprungweise wechselt. Hierbei wird jedesmal r_v entweder als über oder als unter oder aber als in der Mitte gelegen aufgefasst. Bezeichnet man die Obenschätzungen mit o, die Untenschätzungen mit u und die Mittenschätzungen mit m, so lassen sich die letzteren auch als solche betrachten, bei denen sich die Neigungen über und unter der Mitte zu schätzen das Gleichgewicht halten. Auf diese Weise können alle Schätzungen auf die zwei Fälle $o' = o + \frac{m}{2}$ und $u' = u + \frac{m}{2}$ zurückgeführt werden. Die Empfindungsmitte zwischen den Reizen r_1 und r_2 wird dann bei demjenigen Reize r_m liegen, für welchen sich aus einer großen Zahl von Beobachtungen $o' = u' = 50$ proc. aller Fälle ergibt. Da im allgemeinen der wirkliche Werth von r_m zwischen irgend welchen zwei durch ein Intervall getrennten Werthen von r_v, die wir r_a und r_b nennen wollen, liegen wird, so lässt sich, vorausgesetzt dass dieses Intervall hinreichend klein ist, um innerhalb desselben die Curve der Empfindungsänderung als eine gerade Linie betrachten zu können, der Werth von r_m berechnen aus der Gleichung:

$$r_m = \frac{r_a(50 - u'_b) + r_b(u'_a - 50)}{u'_a - u'_b},$$

worin u'_a und u'_b die Werthe von u' für r_a und r_b bedeuten. Genauer noch lässt sich die Empfindungsmitte berechnen, wenn man die bei der Methode der richtigen und falschen Fälle (4) zu erörternden Fehlerprincipien anwendet. Es geht dann das Verfahren in eine Combination der Methode der mittleren Abstufungen mit der Methode der richtigen und falschen Fälle über. (Siehe unten.)

Bei beiden hier erwähnten Verfahrungsweisen ist, wenn die verglichenen Reize, wie es bei Lichtversuchen der Fall sein kann, gleichzeitig einwirken, die Raumlage, wenn die Reize successiv einwirken, wie bei Schallversuchen, die Zeitlage in der bei der vorigen Methode besprochenen Weise zu variiren, um durch Mittelziehung die aus der Raum- und Zeitlage entspringenden Fehler zu eliminiren. Um eine quantitative Bestimmung der Sicherheit der Beobachtungen zu gewinnen, sind überdies der mittlere variable Fehler des einzelnen Versuchs sowie die von der Raum- und Zeitlage abhängigen constanten Fehler in der bei der folgenden Methode (3) angeführten Weise zu berechnen[1]).

1) Lehmann, Phil. Studien III, S. 502. Angell, ebend. VII, S. 443 ff. Merkel, ebend. VII, S. 613 ff., VIII, S. 126 ff.

Mit der Methode der mittleren Abstufungen steht die von Jul. Merkel angewandte Methode der doppelten Reize in nahem Zusammenhang. Man lässt bei derselben einen Reiz R einwirken und sucht denjenigen Reiz R_1 auf, welcher einer doppelt so starken Empfindung entspricht. Zur Auffindung dieses Reizes R_1 bedient man sich des Verfahrens der Minimaländerungen. Diese Methode unterscheidet sich jedoch darin von allen andern, dass sie neben der unmittelbaren Schätzung von Empfindungsintensitäten noch Associationen mit früheren bekannten Eindrücken zu Hülfe nimmt. Denn wir können selbstverständlich erst durch Erfahrung uns die Kenntniss solcher Empfindungen verschafft haben, die im Verhältniss von 1 : 2 zu einander stehen, und es ist wahrscheinlich, dass sich hierbei die Association bestimmter Empfindungsverhältnisse an diejenige der entsprechenden Reizverhältnisse geknüpft hat. Wir werden also z. B. zwei Druckempfindungen als im Verhältnisse 1 : 2 stehend auffassen, wenn wir aus Erfahrung wissen, dass die erste durch ein Gewicht 1, die zweite durch ein Gewicht 2 erzeugt wird. Solche Associationen werden dann aber allerdings wohl von gegebenen Empfindungsstärken auf andere des nämlichen Sinnesgebiets übertragen werden können. Fassen wir also, durch directe Association der Empfindungen E_1 und E_2 mit den Reizen R_1 und R_2, entsprechend dem bekannten Verhältnisse $R_1 : R_2 = 1 : 2$ auch das Verhältniss $E_1 : E_2 = 1 : 2$ auf, so werden wir dann zwei andere Empfindungen E' und E'', bei denen die entsprechenden Reize uns unbekannt sind, in das nämliche Verhältniss bringen können, indem wir $E' : E''$ unmittelbar als entsprechend $E_1 : E_2$ auffassen. Hiernach steht diese Methode unter so verwickelten psychologischen Bedingungen, dass sie bei der Untersuchung der Empfindungsintensität jedenfalls nur mit Vorsicht verwendet werden kann. Auch wird es vielen Beobachtern nicht möglich, überhaupt ein sicheres Urtheil über doppelte Empfindungen abzugeben[1]).

3. Die Methode der mittleren Fehler. Sucht man einem gegebenen Reize r einen anderen r' gleich zu machen, so wird im allgemeinen r' größer oder kleiner als r sein und demnach der begangene Fehler $F = r' - r$ einen positiven oder negativen Werth haben. Aus m in gleicher Zeit- und Raumlage angestellten Versuchen erhält man als arithmetisches Mittel der einzelnen F (ohne Rücksicht auf deren Vorzeichen) den rohen mittleren Fehler F_m. Hieraus erhält man dann, wenn die Fehler der einzelnen Versuche mit F_1, F_2, F_3 bezeichnet werden, die einzelnen reinen variabeln Fehler $f_1 = F_m - F_1$, $f_2 = F_m - F_2$, $f_3 = F_m - F_3 \ldots$ und als Mittel derselben den variabeln mittleren Fehler f_m, dessen Werth der Unterschiedsempfindlichkeit reciprok ist. Das algebraische (mit Rücksicht auf das Vorzeichen gezogene) Mittel der einzelnen Differenzen $r' - r = \pm F$ ergibt ferner, da in diesem Fall durch die Mittelziehung der variable Fehler eliminirt wird, den constanten mittleren Fehler C_m. Dieser zerfällt im allgemeinen wieder in zwei Bestandtheile, in einen scheinbaren constanten Fehler C_s, welcher von der Raum- und Zeitlage herrührt und daher durch die angemessene Combination von Versuchen verschiedener Raum- und Zeitlage eliminirt werden kann, und in den wahren oder eigentlichen constanten Fehler C, welcher nach Beseitigung des vorigen als Differenz $C_m - C_s = C$ zurückbleibt[2]). Dieser eigentliche constante

1) Merkel, Phil. Stud. IV, S. 545, V, S. 515 ff.

2) Rücksichtlich einiger Modificationen und mathematischer Hülfsoperationen des

Fehler C gibt an, um wie viel, je nach seinem positiven oder negativen Vorzeichen, der gegebene Reiz r überschätzt oder unterschätzt worden ist. Er entspricht also der bei der Methode der Minimaländerungen gewonnenen Schätzungsdifferenz $\varDelta$, doch muss er wegen der verschiedenen Bedingungen des Versuchs kleiner als $\varDelta$ sein. Für die Aufsuchung des dem Reize r gleich erscheinenden Reizes r' kann man hierbei zwei Verfahrungsweisen anwenden: ein unmittelbares und ein mittelbares. Bei dem unmittelbaren Verfahren wird der Vergleichsreiz r' so lange stetig hin und her verschoben, bis man den Punkt vollkommenster scheinbarer Gleichheit mit r gefunden hat. Bei dem mittelbaren Verfahren geht man zuerst von einem Punkt $r' < r$ aus und vergrößert r' stetig, bis es $= r$ erscheint, dann geht man in einem zweiten Versuch von einem Punkte $r' > r$ aus und verkleinert es nun bis zu $r' = r$. Hierdurch gewinnt man zwei Werthe des variabeln mittleren Fehlers: fm' und fm''. Beide werden in einer gleichen un dhinreichend großen Zahl von Versuchen getrennt bestimmt und daraus das Mittel $fm = \sqrt{fm' \cdot fm''}$ berechnet, welcher Gleichung, falls fm' und fm'' wenig verschieden sind, das arithmetische Mittel $fm = \frac{fm' + fm''}{2}$ substituirt werden kann. Ebenso müssen scheinbare und eigentliche constante Fehler zunächst für jede Abstufungsrichtung besonders bestimmt und dann aus ihnen das Mittel genommen werden[1]). Unbedingtes Erforderniss ist hierbei stets, dass die Versuche in sehr großer Zahl und dass sie für jede in Vergleich zu ziehende Versuchsgruppe in gleich großer Zahl ausgeführt werden, da der mittlere und der wahrscheinliche Fehler wF, dessen Bestimmung in der S. 343 angegebenen Weise erfolgt, von der Anzahl der Beobachtungen abhängig sind. Die Bestimmung des constanten Fehlers C ist überdies nur dann möglich, wenn wF wesentlich kleiner als C ist.

Zur Anwendung des unmittelbaren Verfahrens bei der Methode der mittleren Fehler sind zwei Bedingungen erforderlich: 1) es muss eine stetige, keine bloß sprungweise Abstufung der Reize möglich sein, und 2) es muss eine Selbsteinstellung des Vergleichsreizes von Seiten des Beobachters stattfinden können. Beide Bedingungen treffen am besten zu beim Gesichtssinn, und zwar nicht nur bei Intensitäts- und Qualitätsuntersuchungen, sondern insbesondere auch bei Versuchen über das räumliche Augenmaß. (Vgl. Cap. XIII, 3.) Ebenso ist die erste jener Bedingungen vollständig, die zweite wenigstens in einem gewissen Grade erfüllt bei Zeitsinnversuchen, wenn man die letzteren so ausführt, dass eine erste Zeitstrecke gegeben ist und eine zweite von dem Beobachter durch willkürliche Begrenzung ihr gleich gemacht wird; immerhin ist hierbei die nachträgliche Correctur eines unmittelbar wahrgenommenen und also nicht unter die variabeln Fehler der Methode zu rechnenden Beobachtungsfehlers nicht möglich, wie bei den Augenmaßversuchen. Solche unmittelbar als

---

Verfahrens vgl. FECHNER, Revision S. 104, und POGGEND. Ann. Jubelband S. 66 sowie JUL. MERKEL, Phil. Stud. IX, Heft 1.

1) Stellt man, wie es MÜNSTERBERG (Beiträge zur exp. Psychol. II, S. 156) und HIGIER (Phil. Stud. VII, S. 236) gethan haben, die Versuche so an, dass die Abstufungen in jedem einzelnen Versuch zuerst von $r' < r$ an und dann von $r' > r$ an oder umgekehrt bis zum Gleichheitspunkt vorgenommen werden, um daraus sofort das Mittel zu ziehen, so geht die Methode einfach in die der Minimaländerungen über unter Einschränkung derselben auf die Bestimmung des Gleichheitspunktes.

Fehlversuche constatirte Beobachtungen müssen daher, wenn die Methode bra
bar bleiben soll, bei der Berechnung außer Betracht bleiben. (Vgl. Cap. XV
In allen andern Fällen ist nur das mittelbare Verfahren anwendbar.
für dieses muss aber die Bedingung erfüllt sein, dass die Abstufung der
stetig oder mindestens in kleinen Stufen vorgenommen werden könne.
trifft nun im allgemeinen für die nämlichen Gebiete zu, für die auch
Selbsteinstellung des Vergleichsreizes ausführbar ist. Welches der beiden
lichen Verfahren, das unmittelbare oder das mittelbare, hier vorzuziehen
bedarf aber noch der experimentellen Prüfung.

4. Die Methode der richtigen und falschen Fälle. Wenn
zwei Reize i und i_1, deren Unterschied klein genug ist, dass sie mit eina
verwechselt werden können, auf ein Sinnesorgan, je nach den Functionsb
gungen desselben entweder simultan oder successiv, einwirken lässt, so
im einzelnen Fall entweder 1) $i_1 > i$ oder 2) $i > i_1$ oder 3) $i_1 = i$ gesc
werden können. Ist nun in Wirklichkeit $i_1 > i$, so wird der Fall 1 al
richtiger (r), 2 als ein falscher (f) und 3 als ein Gleichheitsfall (g)
auch als ein zweifelhafter (z) bezeichnet[1]. Da die Methode auch dann a
wandt werden kann, wenn $i_1 = i$ ist, so würde man angemessener das U
$i_1 > i$ als einen positiven, $i > i_1$ als einen negativen und $i_1 =$
einen Gleichheits- oder Nullfall bezeichnen können. Behalten wir aber
einmal eingeführten Bezeichnungen bei, so dürfen dieselben nicht mit
logischen Begriffen des richtigen, falschen und zweifelhaften verwechselt we
Vielmehr sind jene Bezeichnungen der Urtheile vollkommen analog den Ge
sätzen des Positiven und Negativen in der Anwendung auf entgegenge
Raumstrecken oder andere reale Gegensätze zu denken. Um aus der Ver
lung der Fälle r, f, g Schlüsse ziehen zu können, muss unter allen Umstä
die Zahl der Beobachtungen eine sehr große sein.

Für die rechnerische Behandlung der so gewonnenen Zahlen r, f und
zunächst Fechner folgende Grundsätze aufgestellt. Hat man bei den Rei
und i_1, deren Unterschied D nur sehr klein sein darf, eine große Zahl
Fällen r, f und g gewonnen, so werden die Fälle g zwischen r und f ha
indem man annimmt, dass bei ihnen die Wahrscheinlichkeit der beiden Ur
$i_1 > i$ und $i > i_1$ gleich groß sei. Man hat also dann der weiteren Verwert
nur noch richtige Fälle $r' = r + \frac{g}{2}$ und falsche Fälle $f' = f + \frac{g}{2}$ zu Gr
zu legen. Geht man von dem Fall objectiver Gleichheit der beiden R
$i_1 = i$, aus, so ist hier offenbar an sich die Wahrscheinlichkeit für das U
$i_1 > i$ ebenso groß wie die für das Urtheil $i > i_1$. Man wird also aus

1) Der Ausdruck »zweifelhafte Fälle« (z), den Fechner für alle zwischen
und $i > i_1$ gelegenen Schätzungen einführte, ist, wie zuerst F. Boas (Pflüger's A
XXVI, S. 494) bemerkte, nicht zutreffend, weil bei den in Rede stehenden Fäll
der Regel das Urtheil nicht zweifelhaft ist, sondern mit voller Sicherheit auf gl
lautet. Allerdings kommen auch gelegentlich Fälle wirklichen Zweifels vor
dann das Urtheil zwischen den drei Fällen $i_1 > i$, $i > i_1$ und $i_1 = i$ schwankt.
aber diese Fälle, die offenbar den Gleichheitsfällen nicht gleichwerthig sind, von
fang an selten auftreten und mit der zunehmenden Uebung ganz verschwinden
kann die besondere Behandlung derselben dahingestellt bleiben. Wo sie vorkom
können sie zu den Gleichheitsfällen gezählt werden. Vgl. hierzu Jul. Merkel,
Stud. IV, S. 126 ff.

von Versuchen $r' = f' = \frac{1}{2} n$ erhalten. Lässt man dagegen , so wird die Anzahl der Fälle r' zu- und die der Fälle f' schließlich nach Ueberschreitung der Unterschiedsschwelle $r' = n$ eizunterschied $i_1 - i = D$ wird demnach von vornherein so zu ıss das Intervall zwischen $\frac{r'}{n} = \frac{1}{2}$ und $\frac{r'}{n} = 1$ eingehalten wird. ervall wird für jeden Werth von D $\frac{r'}{n}$ um dieselbe Größe C zu velche $\frac{f'}{n}$ abnimmt, so dass allgemein die Beziehungen gelten:

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + C, \quad \frac{f'}{n} = \frac{1}{2} - C.$$

= 0, sobald $D = 0$ wird, und es erreicht seinen Maximalwerth $> S$ wird, wenn wir unter S die Unterschiedsschwelle verstehen. en beiden Grenzen kann vorausgesetzt werden, dass C nach etze von D abhängig sei, nach welchem gemäß der Wahrschein- die relative Möglichkeit eines Beobachtungsfehlers mit dessen dert. Dieser Voraussetzung entspricht die Gauss'sche Formel

$$C = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hD=t} e^{-t^2}\, dt,$$

die Basis der natürlichen Logarithmen und h das Gauss'sche bedeutet. Nimmt man nun an, dass das letztere der Unter- llichkeit proportional sei, so lassen sich, sobald nur die zu einem hältniss $\frac{r'}{n}$ gehörigen Werthe von t bekannt sind, die Quotienten faße der Unterschiedsempfindlichkeit betrachten. Statt also, wie angegeben, denjenigen Werth D als reciprokes Maß der Unter- llichkeit zu benutzen, welchem ein constantes Verhältniss $\frac{r}{n}$ ent- man mit Hülfe der gedachten Annahme ein beliebiges zwischen genes D benutzen und dann das demselben entsprechende Präci- Maß der Unterschiedsempfindlichkeit verwenden. Zu diesem Be- ıan sich der zu den praktischen Zwecken der Fehlerausgleichung Tabellen zusammengehöriger Werthe von C und t oder einfacher von Fechner berechneten zusammengehörigen Werthe von $\frac{r}{n}$ in der folgenden Tabelle wiedergegeben sind [1]). Mittelst dieser

[1]) e I, S. 108. Revision S. 66. (Zusatztabellen.) Bei Benutzung der oben Fechner'schen Rechnungsmethode ist an Stelle von r in der folgenden belle unmittelbar der reducirte Werth r' anzuwenden.

Fundamental-Tabelle der Methode der richtigen und falschen Fälle.

$\frac{r}{n}$	$t = hD$	Diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	Diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	Diff.
0,50	0,0000	177	0,71	0,3913	208	0,91	0,9481	455
0,51	0,0177	178	0,72	0,4121	212	0,92	0,9936	500
0,52	0,0355	177	0,73	0,4333	216	0,93	1,0436	558
0,53	0,0532	178	0,74	0,4549	220	0,94	1,0994	637
0,54	0,0710	180	0,75	0,4769	225	0,95	1,1631	748
0,55	0,0890	178	0,76	0,4994	230	0,96	1,2379	918
0,56	0,1068	179	0,77	0,5224	236	0,97	1,3297	1225
0,57	0,1247	181	0,78	0,5460	242	0,98	1,4522	1928
0,58	0,1428	181	0,79	0,5702	249	0,99	1,6450	∞
0,59	0,1609	182	0,80	0,5951	257	1,00	∞	
0,60	0,1791	184	0,81	0,6208	265			
0,61	0,1975	185	0,82	0,6473	274			
0,62	0,2160	187	0,83	0,6747	285			
0,63	0,2347	188	0,84	0,7032	297			
0,64	0,2535	190	0,85	0,7329	310			
0,65	0,2725	192	0,86	0,7639	326			
0,66	0,2917	194	0,87	0,7965	343			
0,67	0,3111	196	0,88	0,8308	365			
0,68	0,3307	199	0,89	0,8673	389			
0,69	0,3506	202	0,90	0,9062	419			
0,70	0,3708	205						

Tabelle gewinnt man aus der Gleichung $h = \frac{t}{D}$ das Präcisionsmaß h, welches der Unterschiedsempfindlichkeit direct proportional gesetzt werden kann. Einen der Unterschiedsschwelle analogen Werth haben G. E. Müller und, ihm folgend, Fechner durch die Betrachtung der Gleichheits- oder g-Fälle zu gewinnen gesucht. Diese Fälle lassen sich nämlich betrachten als einem Gebiete der Empfindungen angehörig, das zwischen $i_1 > i$ und $i_1 < i$ mitten inne liegt. Nennen wir dies ganze Gebiet T, so wird ein bestimmter Punkt inmitten desselben als derjenige anzunehmen sein, welchem die aus der Vertheilung der r, f und g hervorgehende ideale Gleichheit der Empfindungen i_1 und i entspricht. Bezeichnen wir den über diesem Gleichheitspunkte liegenden Theil von T mit S_I, den darunter liegenden mit S_{II}, so entspricht der Strecke S_I eine Abnahme von D um einen der Größe S_I äquivalenten Werth, ebenso der Strecke S_{II} eine dieser entsprechende Zunahme von D. Im ersten Falle wird aber gleichzeitig $\frac{r'}{n}$ um $\frac{g}{2}$ abnehmen, im zweiten wird es um $\frac{g}{2}$ zunehmen. Man erhält also für die Beziehung der gedachten Größen $D—S_I$ und $D + S_{II}$ zu den r- und g-Fällen die Gleichungen:

$$1)\quad \frac{r' - \frac{g}{2}}{n} = \frac{r}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{h(D-S_I)=t_I} e^{-t^2}\, dt$$

$$+\frac{g}{2} \over n = \frac{r+g}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{h(D+S_{II})=t_{II}} e^{-t^2} dt$$

n Beziehungen $t = hD$, $t_I = h(D - S_I)$, $t_{II} = h(D + S_{II})$ ergibt

$$_I = \frac{t - t_I}{t} . D , \quad S_{II} = \frac{t_{II} - t}{t} . D , \quad T = \frac{t_{II} - t_I}{t} . D .$$

rthe S_I und S_{II} werden von Fechner als Partialschwellen, T als velle definirt. Sie lassen sich berechnen, wenn man die Quo- $\frac{r}{n}$ und $\frac{r+g}{n}$ bestimmt, in der Fundamentaltabelle die ihnen ent- t-Werthe aufsucht, welche dann mit t, t_I und t_{II} zu bezeichnen Formeln 3 einzusetzen sind. Unter den so gewonnenen Werthen Partialschwellen S_I und S_{II} der gewöhnlichen, nach der Methode der rungen erhaltenen Unterschiedsschwelle in ihrer Bestimmungsweise verwandt, wenn auch wegen der abweichenden Bedingungen der neswegs mit ihr identisch zu setzen sein. Diese Schwellenbestimmung Methode der r- und f-Fälle begegnet jedoch aus experimentellen lenken, die eine Benutzung derselben nicht räthlich erscheinen lassen. ng zeigt nämlich, dass die Zahl der g-Fälle, je nachdem das bei angewandte Verfahren ein wissentliches oder ein unwissentliches leutende Unterschiede und Schwankungen darbietet. Wissentlich aber das Verfahren, wenn der Beobachter, der die Empfindungs- ugeben hat, in jedem einzelnen Fall weiß, welcher der beiden ärkere, und welcher der schwächere sei; unwissentlich nennt nn ihm beides unbekannt bleibt. Zum wissentlichen Verfahren ist emeinen gezwungen, wenn der Beobachter selbst experimentirt, d. h. nwirken lässt; das unwissentliche kann man anwenden, wenn Be- d Experimentator verschiedene Personen sind. Nun stellte Bruno i der experimentellen Prüfung der Methode fest, dass die g-Fälle wissentlichen Verfahren die zur Schwellenbestimmung erforder- nte Vertheilung darbieten, während sie sich bei dem unwissentlichen anz unregelmäßig verhalten. Da aber das unwissentliche Verfahren sich wegen der Vorurtheilslosigkeit des Beobachters vorzuziehen ist, auch in der viel größeren Constanz des Präcisionsmaßes dieser äth, so ist damit der Werth dieser einseitig auf die g-Fälle ge- chwellenbestimmung überhaupt in Frage gestellt. Augenscheinlich ur Bestimmung der Werthe S_I und S_{II} benutzten g-Fälle nicht er Unterschiedsempfindlichkeit, sondern außerdem von andern je thode wechselnden Bedingungen des Bewusstseins, wie der Kenntniss en Reizverhältnisse, dem Zustand der Erwartung u. a., abhängig, so Verthe zwar in gewissen Fällen den eigentlichen Schwellenwerthen en, niemals aber ihnen entsprechen werden. Auch spricht gegen r Schwellenbestimmung schon der Umstand, dass bei ihr durchweg nden werden, die von den mittelst der Methode der Minimalände-

Stud. VIII, S. 511 ff.

rungen direct gefundenen Schwellenwerthen sehr erheblich abweichen. Es
eben in dem Charakter dieser beiden Methoden, dass, wie bei der einen
Unterschiedsschwelle, so bei der andern das Präcisionsmaß als das für
Empfindungsmessung zu verwerthende Hülfsmittel sich darbietet. Die Beden
die in dieser Beziehung früher von G. E. MÜLLER[1]) gegen die Verwen
des Präcisionsmaßes geltend gemacht wurden, haben sich experimentell
bestätigt.

Wohl aber lassen sich gegen die der Betrachtungsweise FECHNER's zu Gr
liegende Behandlung der Gleichheitsfälle gerechte Bedenken erheben.
gleiche Vertheilung derselben unter r und f wird nur so lange für zul
gelten können, als der Reizunterschied D nur sehr wenig von null verschi
ist. Diese Bedingung ist aber im allgemeinen nicht erfüllt. Um zu
richtigeren Verwerthung der g-Fälle zu gelangen, schlug daher G. E. MÜ
vor, sie nicht gleichmäßig zwischen r und f zu halbiren. Vielmehr d
er sich dieselben um den vorhin definirten Gleichheitspunkt inmitten
Strecke T gleichmäßig auf beiden Seiten vertheilt. Unter dieser Voraussetz
ist $S_I = S_{II} = \frac{T}{2}$, welchen Werth MÜLLER mit S bezeichnet und als
Unterschiedsschwelle betrachtet. Drückt man S direct in t_I und t_{II} aus
erhält man dann die Gleichung

$$4)\quad S = \frac{t_{II} - t_I}{t_I + t_{II}}\, D.$$

Die Auffassung MÜLLER's führt demnach zu einer gesonderten Behandlung
Fälle r, f und g, und sie führt zu Formeln für $\frac{r}{n}$, $\frac{f}{n}$ und $\frac{g}{n}$, we
an Stelle des Productes hD in der GAUSS'schen Formel (S. 349) sogleich
Producte $h\,(D - S)$ und $h\,(D + S)$ enthalten, analog den obigen Forme
und 2. MÜLLER selbst hat übrigens von der in dieser Ableitung enthalt
veränderten Auffassung des Gebiets der g-Fälle nur Gebrauch gemacht, um
Verwendung des Präcisionsmaßes h als Maß der Unterschiedsempfindlichkei
entgehen und statt dessen direct die der Unterschiedsschwelle analoge G
S zu benutzen[2]).

Erst JUL. MERKEL suchte die verbesserte Vertheilung der Gleichheitsfäll
verwerthen, um vor allem eine richtigere Bestimmung des Präcisionsmaßes se
das er als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit festhält, zu gewinnen.
bei ihm besteht die Vertheilung darin, dass nicht die Summe der g-F
sondern das aus dem GAUSS'schen Gesetz sich ergebende Gebiet, in welc
jene vorkommen, halbirt wird, worauf dann die der Hälfte dieses Geb
entsprechenden g-Fälle den richtigen Fällen zuzurechnen sind. Diese
theilung fällt mit der FECHNER'schen nur dann vollkommen zusammen, v
$D = 0$ ist, weil nur dann die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gleichheitsur
richtig oder falsch sei, gleich groß ist. Ist dagegen D nicht $= 0$, so wä
damit auch die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fall g einem richtigen
näher als einem falschen liege. Demgemäß benutzt MERKEL die oben a

1) Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 83 ff.

2) G. E. MÜLLER, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 36 ff. PFLÜGER's A
XIX, S. 191. Hierzu FECHNER, Revision, S. 84 ff.

INER'schen Umformungen 1) und 2) des GAUSS'schen Integrals für $\frac{r}{n}$
sucht in der Fundamentaltabelle (S. 350) zuerst den Werth t_I für
$_{II}$ für $\frac{r+g}{n}$ und nimmt aus beiden Werthen das arithmetische
t man zu dem so erhaltenen Werthe $\frac{t_I + t_{II}}{2}$ das zugehörige Ver-
auf, so ist $n\left(\frac{r'}{n} - \frac{r}{n}\right) = r' - r = g'$ d. h. gleich der Anzahl
itsfälle, die zu den richtigen hinzugezählt werden müssen. Die
neln 1), 2) und 4) zu berechnende mittlere Schwelle S, welche von
Unterschiedsschwelle betrachtet worden ist, erklärt MERKEL für
ignet, weil sich der Werth derselben mit D verändert. Hiermit
h die Ergebnisse von KÄMPFE überein, der die relative Zahl der
haupt so veränderlich fand, dass an eine andere Verwerthung der-
n eine solche durch passende Vertheilung auf die r- und f-Fälle
ken ist. Um die obere und untere Schwelle S_o und S_u zu be-
ht daher MERKEL auf die Vertheilung der positiven und negativen
k. Wird das Intervall der ersteren mit C, das der letzteren mit
so ist dann für eine Reizstärke i:

$$5)\quad S_o = i\,\frac{S}{i - c}\,,\quad S_u = i\,\frac{S}{i + C + D}$$

ngsweise:

$$5a)\quad S_o = \frac{2\,i\,S}{2i + D - S}\,,\quad S_u = \frac{2\,i\,S}{2i + D + S}\,.$$

lere Schwelle S (in Gleichung 4) kann hiernach nur indirect zur
Unterschiedsempfindlichkeit dienen, indem man sie nämlich in die
oder 5a) für die obere und untere Schwelle einführt. Auch gegen
lenbestimmung gelten jedoch die oben hervorgehobenen Bedenken,
von den g-Fällen abhängig ist. Es bleibt somit nur das Präci-
n der ihm schon von FECHNER zugeschriebenen Bedeutung einer
der absoluten Unterschiedsempfindlichkeit proportional ist. Doch
die richtige Vertheilung der g-Fälle zur Geltung zu bringen, nicht
ndern nach MERKEL's Vorgang aus der Gleichung $h = \frac{t_I + t_{II}}{2\,D}$ be-
den. Für den besonderen Fall einer Constanz der relativen
empfindlichkeit muss dann schließlich die Bedingung erfüllt sein:

$$6)\quad h\sqrt{2\,i\,(i \pm D) + D^2} = \text{const.},$$

n $D = 0$ oder im Verhältniss zu i sehr klein ist, übergeht in

$$6a)\quad h\,.\,i = \text{const.}$$

r der Voraussetzung, dass die regelmäßige Vertheilung der g-Fälle
ung der Werthe S_o und S_u sich eignet, noch die andere

$$7)\quad \frac{S_o + i}{i} = \frac{i}{i - S_u} = \text{const.}$$

zur Seite. Diese Gleichungen entsprechen den bei der Methode der Mini
änderungen für den gleichen Fall abgeleiteten Bedingungen $\frac{\Delta}{r}$ = const.
$\frac{r_o}{r} = \frac{r}{r_u}$ = const.[1]).

Auch die Methode der richtigen und falschen Fälle fordert eine sorgfä
Elimination der von der Zeit- und eventuell auch von der Raumlage abhäng
constanten Fehler, indem man die Versuche bei allen möglichen Zeit-
Raumlagen anstellt und aus den sämmtlichen so gewonnenen Ergebnissen
Mittel zieht. Führt man z. B. die Versuche bei einer aufsteigenden Reihenf
i_1, i_2, i_3 . . . . . der Reize aus, so entsteht ein Zeitfehler, der durch
gleiche Anzahl unter sonst gleichen Bedingungen in der umgekehrten Rei
folge ausgeführter Versuche . . . . . i_3, i_2, i_1 compensirt werden kann.
man ferner von den verglichenen Reizen i und i_1 den ersten i auf eine Stel
den zweiten i_1 auf eine Stelle b eines Sinnesorgans, z. B. der Haut, einwir
so entsteht ein Fehler der Raumlage, der durch Versuche mit der entgege
setzten Raumlage ib und $i_1 a$ zu eliminiren ist. Kommen verschiedene
und Raumlagen neben einander vor, so müssen alle möglichen Combinati
derselben in verschiedenen Versuchsreihen durchgeführt und für jede vermit
der Fundamentaltabelle der Werth t bestimmt werden. Erhält man z. B. für 4 C
binationen die Werthe t_1, t_2, t_3, t_4, so ergibt sich das Präcisionsmaß aus
Gleichung

$$\frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = hD\text{ [2])}.$$

Als eine Modification der Methode der richtigen und falschen Fälle ist die
MERKEL eingeführte Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsf
zu betrachten. Dieselbe besteht in folgendem Verfahren: Nachdem mittelst
Methode der Minimaländerungen zwei eben merklich verschiedene Reizstä
i und i_1 gefunden sind, lässt man dieselben in einer großen Zahl von Versu
in unregelmäßig wechselnder Reihenfolge einwirken und entscheidet in je
einzelnen Fall, ob die Reize gleich oder ungleich erscheinen. Auf die so
wonnenen Ungleichheitsfälle (u) und Gleichheitsfälle (g) lassen sich dann
nämlichen Betrachtungsweisen anwenden wie auf die r-, f- und g-Fälle
obigen Methode, indem die u als entsprechend den r-Fällen, die g- als
sprechend den f- und g-Fällen derselben betrachtet werden. Für den E

1) Um den Schwierigkeiten der Vertheilung der g Fälle zu entgehen, hat JAS
(American Journal of Psychology I p. 271 ff.) vorgeschlagen, diese Fälle überhaupt
zuschließen, indem der Versuchsperson aufgegeben wird, unter allen Umständen e
der beiden verglichenen Reize größer zu schätzen. Dieses Verfahren unterwirft
das Urtheil einem Zwang, der die Gleichmäßigkeit der Beobachtungen in unberec
barer Weise stören muss. (Vgl. MERKEL, Phil. Stud. VI, S. 586.) Da übrigens diejen
Urtheile, die auf Gleichheit lauten würden, erst in einer unendlich großen Anzahl
Fällen auf r und f sich annähernd gleichmäßig vertheilen können, so würde im
stigsten Fall erst durch eine große Häufung von Versuchen ein der FECHNER'schen
theilung annähernd gleichkommendes Resultat zu erzielen sein. Doch erklärt sich
hieraus, dass bei den zahlreichen Versuchen HIGIER's über das Augenmaß, die
diesem Verfahren ausgeführt sind (Phil. Stud. VII, S. 232 ff., vgl. auch KRAEPELIN, eb
VI, S. 493 ff.), erhebliche Abweichungen von den nach der FECHNER'schen Methode
geführten Versuchen nicht hervorzutreten scheinen.

2) FECHNER, Revision S. 130 ff. Ueber die Berechnung der Größe der consta
Fehler vgl. MERKEL, Phil. Stud. VII, S. 603 ff.

spunkt besteht dann die Bedingung $u = g = \frac{n}{2}$. Hiernach geht
de unmittelbar aus der obigen hervor, wenn der Reizunterschied D
rd, dass die f-Fälle verschwinden. Sobald aber falsche Ungleich-
erheblicher Zahl auftreten, wird sie unanwendbar oder führt von
e Methode der r- und f-Fälle über[1]). Von der letzteren unter-
sich dadurch, dass sie eine exacte Bestimmung des Ebenmerk-
unktes zulässt, während die bei jener ermittelte Schwelle dagegen
des Gleichheitspunktes, d. h. desjenigen Punktes, bei welchem
hied nicht mehr merklich ist, ergibt. Demgemäß ergänzen sich
den in dem Sinne, dass die Schwelle der u- und g-Methode dem
Punkte ($r' > r$ oder $r' < r$) der Minimaländerungen (S. 342), die
r r- und f-Methode dagegen dem näheren Punkte ($r' = r$) derselben
ntsprechen wird. Eine Identität dieser Werthe ist jedoch wegen
edenheit des Verfahrens in beiden Fällen nicht zu erwarten, auch
e Möglichkeit der Schwellenbestimmung hier stets den oben (S. 351)
Bedingungen in Bezug auf die Zahl und Vertheilung der g-Fälle.
timmung und Verwerthung des Präcisionsmaßes h gelten in beiden
ämlichen Regeln.

ich lässt sich noch, wie MERKEL gezeigt hat, das GAUSS'sche Fehler-
ie **Methode der mittleren Abstufungen** anwenden, wodurch
ation derselben mit der Methode der r- und f-Fälle entsteht. Sind
und R_u die zwei in einem bestimmten Abstand befindlichen Reize,
nen ein als die Empfindungsmitte erscheinender Reiz R_m gesucht
ezeichnet man die bei einem willkürlich zwischen R_u und R_o gewählten
D_1 eintretenden Schätzungen mit u, o und g, wobei u eine Schätzung
itte, o eine solche über derselben und g eine Mittenschätzung be-
werden die Fälle g genau so wie die g bei der r- und f-Methode
en sein, während, wenn z. B. $R_u + D_1$ unter der Mitte ist, die
len r-, die o- analog den f-Fällen behandelt werden können.
die GAUSS'sche Formel und die ihr entsprechende Fundamentaltabelle
anwendbar. Man hat dabei nur nöthig, bei zwei Reizunterschieden
d $R_u + D_2$ Versuche auszuführen, zu den in jeder Versuchsreihe
$\frac{u}{n}$ und $\frac{u+g}{n}$ das zugehörige t in der Fundamentaltabelle aufzu-
daraus das Mittel zu nehmen. Bezeichnen wir dieses Mittel für den
ied D_1 mit t_1, für D_2 mit t_2, so ist dann, falls das Präcisionsmaß h
eihen annähernd constant geblieben ist,

$$R_m = R_u + \frac{t_2 D_1 - t_1 D_2}{t_2 - t_1}.$$

vendung dieses Verfahrens bietet den großen Vortheil dar, dass sie
nmen schon bei der Anwendung von nur zwei Reizunterschieden
lie Auffindung des der Empfindungsmitte entsprechenden Reizes ge-
rch sie zugleich wegen der größeren Zahl auf diese Reizunterschiede
zelversuche eine vollkommenere Fehlerelimination möglich macht.
t, da bei der Anwendung nur weniger Intervalle leicht eine

[1]) ..., Phil. Stud. IV, S. 258, VII, S. 606 ff.

Gewöhnung an dieselben und durch diese eine Festsetzung des Urtheils eintr
kann, die Anwendung zahlreicher D und demnach die Combination mit
Verfahren der unregelmäßigen Variation des mittleren Reizes räthlich[1]).

Unter den hier erörterten vier Fundamentalmethoden stehen zunächst
der Minimaländerungen und die der richtigen und falschen Fälle überall
wo es sich um die Vergleichung sehr kleiner Reizunterschiede handelt,
ander ergänzend zur Seite. Die erste dieser Methoden führt schon bei e
verhältnissmäßig kleineren Zahl von Versuchen zu Ergebnissen, und die d
sie gewonnene Unterschiedsschwelle ist für die Wahl der Reizunterschied
die bei der Methode der r- und f-Fälle benutzt werden, maßgebend, da
Werthe von D im allgemeinen zwischen 0 und der Unterschiedsschwelle li
müssen oder doch die letztere nur minimal überschreiten dürfen. Die r-
f-Methode ermöglicht eine vollständigere Fehlerelimination und eine exa
Bestimmung der durch die Zeit- und Raumlage oder durch andere Neben
flüsse bedingten constanten Fehler. Die Methode der mittleren Fehler l
dagegen an dem Nachtheil, dass sie, da bei ihr gefordert ist, einen verän
lichen Reiz einem andern scheinbar gleich zu machen, in der Regel eine
mähliche Aufsuchung der geeigneten Reizstärke voraussetzt, wodurch si
der Ausführung von der Methode der Minimaländerungen wenig verschiede
und mit dieser den Uebelstand theilt, dass jeder einzelne Versuch eine Vie
von Reizvergleichungen fordert, die einander wechselseitig beeinflussen könn
Die Methode der mittleren Abstufungen endlich bildet eine sehr wichtige Er
zung der übrigen Methoden, weil bei ihr allein eine einwurfsfreie Vergleic
größerer, nicht bloß eben merklicher oder untermerklicher Reizinter
stattfindet. Auch bietet sie bei der Anwendung unregelmäßiger Variationen
Reizes und unter Zuhülfenahme der von Merkel eingeführten Uebertragung
Principien der r- und f-Methode die Möglichkeit einer ebenso sicheren Fe
elimination wie die letztere.

Bei der Beurtheilung des Werthes einer psychophysischen Maßmethod
schließlich der Einfluss, den der subjective Zustand der Erwartung be
ausüben kann, von ausschlaggebender Bedeutung, da eine sichere Elimin
der durch diesen Einfluss herbeigeführten Fehler häufig nicht möglich
Weiß z. B. ein Beobachter, dass von zwei Reizen a und b der eine b
stärkere ist, so wird er geneigt sein, ihn auch dann als den stärkeren a
fassen, wenn nach der unmittelbaren, nicht durch das Urtheil beeinflu
Empfindung dies nicht geschehen würde. Dieser Fehler kann nur dann ei
maßen compensirt werden, wenn in zusammengehörigen Versuchsreihen
wartungseinflüsse von entgegengesetzter Richtung auftreten, wo er dan
die zu eliminirenden Fehler der Zeitlage eingehen wird. Ist aber dies
der Fall, so wird es zwar bei großer Uebung dem Beobachter gelingen kön

1) Merkel, Phil. Stud. VII, S. 613 ff., VIII, S. 120. Näheres über die Fehlerbe
mung vgl. ebend.

2) Es gibt allerdings ein Untersuchungsgebiet, wo dies nicht der Fall ist, den
Zeitsinn, weil hier die einer ersten Zeitstrecke gleichende zweite Zeits
unmittelbar von dem Beobachter selbst durch eine reagirende willkürliche Bew
abgegrenzt werden kann. Doch hat dieser willkürliche Eingriff des Beobachters
wir sehen werden, andere Nachtheile. (Vgl. Cap. XVI, 5.)

ksamkeit ganz auf die zu vergleichenden Empfindungen zu richten
dem Einfluss der Erwartung möglichst zu entgehen, eine objective
es letzteren ist aber natürlich unausführbar. Nach diesen Gesichts-
namentlich die Unterschiede des wissentlichen und des un-
nen Verfahrens bei den einzelnen Methoden zu beurtheilen. Eine
der Fundamentalmethoden lässt dieselben in dieser Beziehung in
n zerfallen: 1) in solche, bei denen ein völlig unwissentliches
sgeschlossen, dafür aber eine Compensation der Erwartungsein-
n ist: Methode der Minimaländerungen und der mittleren Fehler,
bei denen sowohl ein wissentliches wie ein unwissentliches Ver-
n, und wo daher unbedingt das letztere zu bevorzugen ist, um so
in vielen Fällen keine objective Elimination des Erwartungsfehlers
nn: Methode der mittleren Abstufungen und der r- und f-Fälle.
ode der Minimaländerungen besteht, wenn der Vergleichsreiz r' gegen
eiz r verstärkt wird, ein Erwartungsfehler von negativer Größe,
erschied $r'—r$, bei welchem $r' > r$ erscheint, ist zu klein; geht
gekehrt zu dem Punkt zurück, wo $r' = r$ erscheint, so entsteht
rter, positiver Fehler, d. h. die Differenz $r' — r$ ist für diesen
der vorauseilenden Erwartung zu groß. Beide Fehler können
nen, wenn man sich bemüht, die Abstufungen immer möglichst
vorzunehmen. Aehnlich verhält es sich bei der Methode der
er, vorausgesetzt dass man den Gleichheitspunkt durch allmähliche
n entgegengesetzten Richtungen her aufsucht. Die Methode der
ufungen unterliegt, wenn der mittlere Reiz durch minimale Aende-
mmt wird, ebenfalls den nämlichen Erwartungsfehlern. Da bei ihr
Schätzung eines größeren Empfindungsintervalls unsicher, also auch
flüssen abhängiger ist, so kann man namentlich bei ihr, je nach-
unterschiede langsamer oder schneller abgestuft werden, sehr ab-
esultate erhalten[1]). Hier ist daher unbedingt die unregelmäßige
mittleren Reizes zu bevorzugen, welche die Erwartungseinflüsse
der sie in zufällige variable Fehler verwandelt, die in einer großen
suchen sich ausgleichen. Am meisten fallen die Unterschiede des
und unwissentlichen Verfahrens bei der Methode der r- und
Gewicht. Hier ist in den bisherigen Versuchen meistens das
Verfahren bevorzugt worden, weil es dem Beobachter möglich
ersuche an sich selbst auszuführen, indem er willkürlich die Reize i
eln lässt und selbst entscheidet, ob $i > i_1$, $i_1 > i$ oder $i = i_1$
weifellos ist hier bei großer Uebung eine ziemlich vollständige
mination des Erwartungsfehlers möglich, so dass auf diesem Wege
Resultate erhalten werden können. Von Fechner wurde daher das
Verfahren dem unwissentlichen, bei welchem der Experimentator,
e herstellt, und der Beobachter, der sie schätzt, verschiedene Per-
nüssen, vorgezogen. Aber dieser Vorzug gilt doch nur so lange,
achter nicht die erforderliche Uebung besitzt. Gleiche Uebung
, ist dagegen das unwissentliche Verfahren entschieden vorzuziehen,
auch experimentell durch die Vergleichung beider Verfahren be-
den hat. Dabei fordert freilich das vollständig unwissentliche

[1]) ...ll, Phil. Stud. VII, S. 443 ff.

Verfahren, dass der Beobachter bei jedem einzelnen Versuch nicht nur darü ungewiss ist, in welcher Reihenfolge die Reize einwirken, sondern auch ob be objectiv von einander verschieden sind. Die zwei Reize i und i_1 müssen da in den Einzelversuchen unregelmäßig in den vier Combinationen ii, $i_1 i_1$, und $i_1 i$ mit einander wechseln, worauf dann die Fälle ii_1 und $i_1 i$, in de $D = i_1 - i$ ist, der Rechnung zu Grunde zu legen sind; doch können auß dem die Fälle ii und $i_1 i_1$, in denen $D = 0$ ist, gesondert untersucht werde Von diesem völlig unwissentlichen ist das zuweilen ebenfalls angewandte hal wissentliche Verfahren wesentlich verschieden, bei welchem der Beobacl zwar den Unterschied der Reize, nicht aber die Reihenfolge kennt, in der einwirken. Dieses halbwissentliche Verfahren bringt offenbar die Aufmerksa keit unter besonders ungünstige Bedingungen, da es eine unwillkürliche Tend zur Unterdrückung der g-Schätzungen mit sich führt; es hat sich daher allen Verfahren als das ungünstigste erwiesen[2].

2. Das Weber'sche Gesetz.

Ernst Heinrich Weber fand zuerst für verschiedene Sinnesgebiete gesetzmäßige Beziehung, dass der Zuwachs des Reizes, welcher eine el merkliche Aenderung der Empfindung hervorbringen soll, zu der Re größe, zu welcher er hinzukommt, immer im selben Verhältnisse ste muss. Hat man also zu einem Gewichte 1 ein Gewicht $1/3$ zuzule damit der Druckunterschied merklich werde, so muss ein Gewicht 2 um ein Gewicht 3 um 1 wachsen, wenn wieder eine minimale Aenderung Empfindung bemerkt werden soll. Die genauere Anwendung der psyc physischen Maßmethoden hat diese Beziehung nicht bloß durch die dem Weber'schen Verfahren hervorgegangene Methode der Minimalän rungen bestätigt, sondern es haben auch die beiden Fehlermethoden allgemeinen zu entsprechenden Ergebnissen geführt. Bei der Methode mittleren Fehler ergibt sich, dass der mittlere variable Fehler, welc begangen wird, wenn man einen variirbaren Reiz nach der Empfind einem andern constant erhaltenen gleich zu machen sucht, stets den nä lichen Bruchtheil des Reizes ausmacht. Es werde z. B., wenn einem Gewi von der Größe 1 ein anderes gleich gemacht werden soll, ein durchschn licher variabler Fehler von $1/10$ begangen, so beträgt dieser Fehler wenn das Gewicht = 2 ist, $3/10$, wenn es = 3 ist, u. s. f. Bei der Meth der richtigen und falschen Fälle findet sich, dass, wenn nach Eliminat der Miteinflüsse und nach geeigneter Vertheilung der Gleichheitsurth

---

1) Vierordt, dem das Verdienst der ersten Anwendung solcher objectiver Gle heitsfälle zukommt, hat für sie den Namen »Vexirversuche« gewählt, ein Ausdruck, wohl besser durch Nullversuche ersetzt wird, weil er die Vorstellung einer absic lichen Täuschung des Beobachters erweckt.

2) Kämpfe, Phil. Stud. VIII, S. 511 ff.

ergleichung zweier wenig verschiedener Reize das Verhältniss
tigen Entscheidungen zur Gesammtzahl der Fälle constant bleiben
eiden verglichenen Reize stets dasselbe Verhältniss zu einander
nüssen. Angenommen, ein Druck 1 verglichen mit einem Druck
be ein bestimmtes Verhältniss $\frac{r'}{n}$, so muss der Druck 2 mit
mit $3 + {}^3/_5$ verglichen werden, damit dasselbe Verhältniss
bleibe.

ieht leicht ein, dass es sich bei diesen Ergebnissen nur um
e Ausdrücke für ein und dasselbe Gesetz handelt, welches wir
ren können: Ein Unterschied je zweier Reize wird
oß geschätzt, wenn das Verhältniss der Reize das
st. Oder: Soll in unserer Auffassung die Intensität
indung um gleiche absolute Größen zunehmen, so
r relative Reizzuwachs constant bleiben. Diesem
atz lässt sich endlich auch der folgende allgemeinere Ausdruck
e Stärke des Reizes muss in einem geometrischen
isse ansteigen, wenn die Stärke der appercipirten
ung in einem arithmetischen zunehmen soll. Dieses
von FECHNER als das WEBER'sche oder psychophysische
etz bezeichnet worden[1]).

üfung der Unterschiedsempfindlichkeit mittelst größerer über-
er Unterschiede der Reize, wie sie bei der Methode der mittleren
n zur Anwendung kommt, hat jedoch gezeigt, dass keineswegs
llen die Distanz zweier Reize, wie dies nach dem obigen Ge-
rtet werden müsste, nach dem geometrischen Verhältnisse der
eingetheilt wird, sondern dass derjenige Reiz r_m, welcher in
dung als die Mitte zwischen zwei gegebenen Reizen r_1 und r_2
wird, in vielen Fällen der arithmetischen Mitte entspricht.
ber auch dieses Resultat kein constantes, sondern es kann je
besonderen Bedingungen, unter denen sich die Auffassung der
det, bald diese, bald die dem WEBER'schen Gesetze entsprechende
e Theilung eintreten, sodass also unter gewissen Bedingungen
$r_2 - r_m$, unter andern $\frac{r_m}{r_1} = \frac{r_2}{r_m}$ geschätzt oder auch ein
iesen beiden Fällen liegendes Resultat gewonnen wird. Unsere
einer Reihe von Reizstärken kann demnach, wie es scheint, eine
in. Entweder besteht sie in einer Schätzung der relativen oder in

[1]) ER, Abhandlungen der kgl. sächs. Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig. VI.
Cl. IV) S. 455.

einer solchen der **absoluten** Unterschiede der Reize. Die relative Größ schätzung findet ihren Ausdruck in dem WEBER'schen Gesetze, die absol weist auf ein Gesetz der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung h

Die experimentelle Prüfung hat übrigens gezeigt, dass dem WEB schen Gesetze auch da, wo es zutrifft, nur eine annähernde Geltung z kommt. Namentlich kommen mit der Annäherung an die Reizschwe und an die Reizhöhe nicht unbeträchtliche Abweichungen vor. Die den einzelnen Sinnesgebieten in Bezug auf die Verhältnisse von Reiz- u Empfindungsstärke ermittelten Thatsachen stellen wir im folgenden üb sichtlich zusammen.

1) **Schallempfindungen.** Ueber dieses Sinnesgebiet wurden z erst Versuche nach der Methode der Minimaländerungen von VOLKMAN sowie von RENZ und WOLF[2]), solche nach der Methode der richtigen u falschen Fälle von NÖRR[3]) ausgeführt. VOLKMANN fand, dass die den Scha stärken proportionalen Fallhöhen eines Schallpendels annähernd im V hältniss von 3 : 4 stehen mussten, wenn sie eben unterschieden werd sollten. RENZ und WOLF bestätigten diese Angabe. NÖRR benutzte d Schall eiserner Kugeln, welche vertical auf eine vibrationsfähige Pl herabfielen; seine Versuche ergaben nur eine annähernde Uebereinsti mung mit dem WEBER'schen Gesetze. In neuerer Zeit wurde die Metho dieser Versuche wesentlich vervollkommnet und sind hiernach v TISCHER, MERKEL und STARKE nach der Methode der Minimaländerungen, v MERKEL und ANGELL nach derjenigen der mittleren Abstufungen, v G. LORENZ, MERKEL und KÄMPFE mittelst der richtigen und falschen Fä umfangreiche Versuche ausgeführt werden[4]). Hierbei ergaben diejenig Methoden, die auf der Vergleichung kleinster Unterschiede beruhen, sehr weiten Grenzen eine Uebereinstimmung mit dem WEBER'schen Geset Bei der Schätzung größerer Empfindungsintervalle, wie sie bei der M thode der mittleren Abstufungen stattfindet, ergaben sich jedoch ke durchgängig übereinstimmenden Resultate. Wurde bei dieser Methode mittlere Empfindung durch minimale Abstufungen aufgesucht, so wa die Resultate schwankende. MERKEL fand im allgemeinen bei größe Reizintervallen eine annähernde Uebereinstimmung mit dem WEBER'sc Gesetze, während bei kleineren der als die Empfindungsmitte geschät Reiz annähernd mit dem arithmetischen Mittel zwischen den beiden Gre reizen zusammenfiel. Eine exactere Uebereinstimmung mit der dem WEB schen Gesetz entsprechenden geometrischen Theilung der Reizstrec

1) FECHNER's Psychophysik I, S. 176.
2) VIERORDT's Archiv f. physiol. Heilkunde 1856, S. 185.
3) Zeitschrift f. Biologie, 1879, XV, S. 297.
4) Phil. Stud. I, II, IV, V, VII, VIII.

, wie ANGELL fand, wenn der mittlere Reiz in einer großen Zahl
hen unregelmäßig variirt, und aus den so gewonnenen Schätzun-
npfindungsmitte bestimmt wurde.

ımungen der **Reizschwelle des Gehörssinnes** hat man
Geräusche wie für Töne auszuführen gesucht. Nur im letzteren
möglich, die mechanische Energie des Minimalreizes annähernd
em Maße zu bestimmen. So schätzte M. WIEN, indem er einen
eben hörbarer Intensität auf einen mit einer Aneroidmembran
nen Resonator wirken ließ, nach der Messung der Schwin-
eser Membran die Reizschwelle gleich einer Druckschwankung
Tausendtheilen eines mm Quecksilber, was, die Größe des
lls zu 33 qmm gerechnet, in der Zeiteinheit einer Energie von
2 mg-mm entsprechen würde[1]. Für Geräusche liegen nur
Bestimmungen der Reizschwelle unter Angabe der Schallquelle
Entfernung vom Ohre vor. So fand NÖRR dieselbe beim Fall
enkugeln auf eine Eisenplatte und bei einer Entfernung von
500 mg-mm[2].

ychophysischen Untersuchung der Intensitäts-Verhältnisse der Schall-
en sind Vorrichtungen erforderlich, welche möglichst kurz dauernde

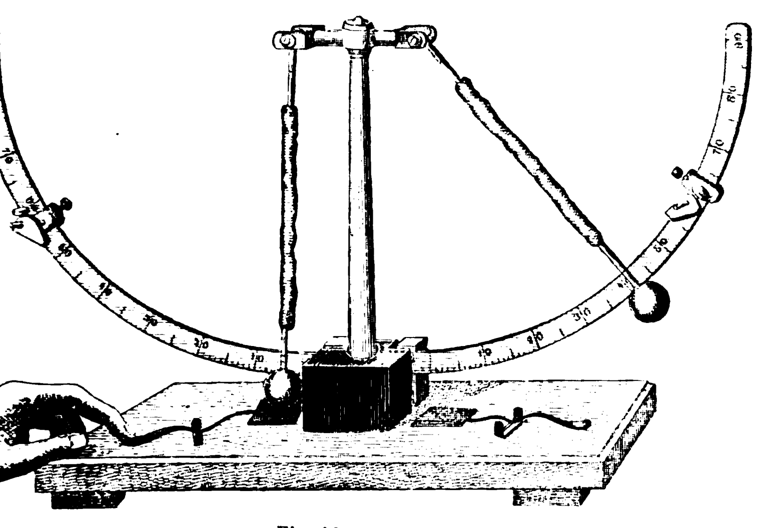


Fig. 105.

[1] IEN, Ueber die Messung der Tonstärke. Diss. Berlin 1888.

[2] O. Wegen des abweichenden Materials ist damit die ältere von SCHAF-
ndlungen der bayr. Akad. d. W. VII, S. 517) ausgeführte Bestimmung der
, nach welcher bei Benutzung eines Korks der Schall von 1 Milligr.-Millim.
ntfernung verschwand, nicht vergleichbar. Uebrigens kommen hier selbst
m Gehör sehr bedeutende individuelle Unterschiede vor. Vgl. POLITZER,
renheilkunde, XII, S. 104, und LUCAE ebend. S. 282.

Schalleindrücke hervorbringen, deren objective Stärke genau bestimmt we
kann und deren Qualität sich bei den Veränderungen der Schallintensität
merklich ändert. Falls zusammengesetztere Apparate nicht zu Gebote st
oder falls man die Beobachtungen an sich selbst ausführt, bedient man
zweckmäßig des in Fig. 105 dargestellten Schallpendels. Dasselbe be
aus zwei gegen einen Ebenholzklotz vor einer Scala pendelnden Rohrst
an denen unten Kugeln aus Hartgummi befestigt sind. In der Ruhelage
rühren die Kugeln die einander parallelen Seiten des Ebenholzes. Um e

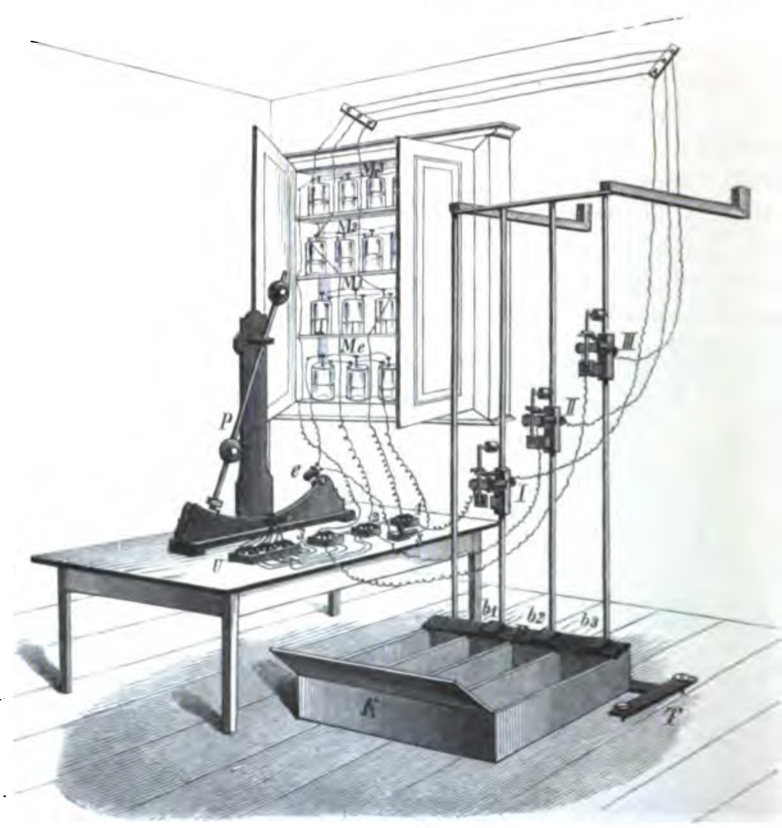


Fig. 106.

Schallunterschied von gegebener Größe hervorzubringen, stellt man die re
und links an der Scala befindlichen Schieber, welche zur Aufnahme der Pen-
stange eine Rinne darbieten, auf die geeigneten Punkte der Scala ein, führt
der rechten und linken Hand die Pendel in die Rinne zurück und lässt sie d
rasch nach einander fallen, um die entstehenden Schalle zu vergleichen.
Moment, wo eine jede Kugel von dem Ebenholz zurückprallt, wird sie du
einen Druck der Hand der entsprechenden Seite auf dem unter ihr befindl
Fanghebel, dessen Platte mit Filz überzogen ist, geräuschlos aufgefangen,
einen zweiten Schall durch Rückprall unmöglich zu machen. Man übt

zum Auffangen der Kugeln erforderliche Sicherheit der Bewegungen
elung einer genau gleichen Beschaffenheit der beiden Schalle ist der
auf einem
brett befe-
dicken Filz-
t, und außer-
len beiden
eren Träger,
er Tragsäule
rch Luftzwi-
etrennt; fer-
endelstangen
r Dämpfung
rtgepflanzten
von einer
eben[1]). Der
wohl bei der
Iinimalände-
auch der
alschen Fälle
Sollen die
größere In-
Schallstärken
nd zugleich
ng der Me-
leren Abstu-
ch werden,
allphono-
06 und 107)
g und Mes-
challstärken.
eht aus den
dem Fang-
ufnahme der
ln und eini-
rrichtungen.
sche, hinten
llimetertheі-
e Stahlstäbe
ektromagne-
halter (Fig.

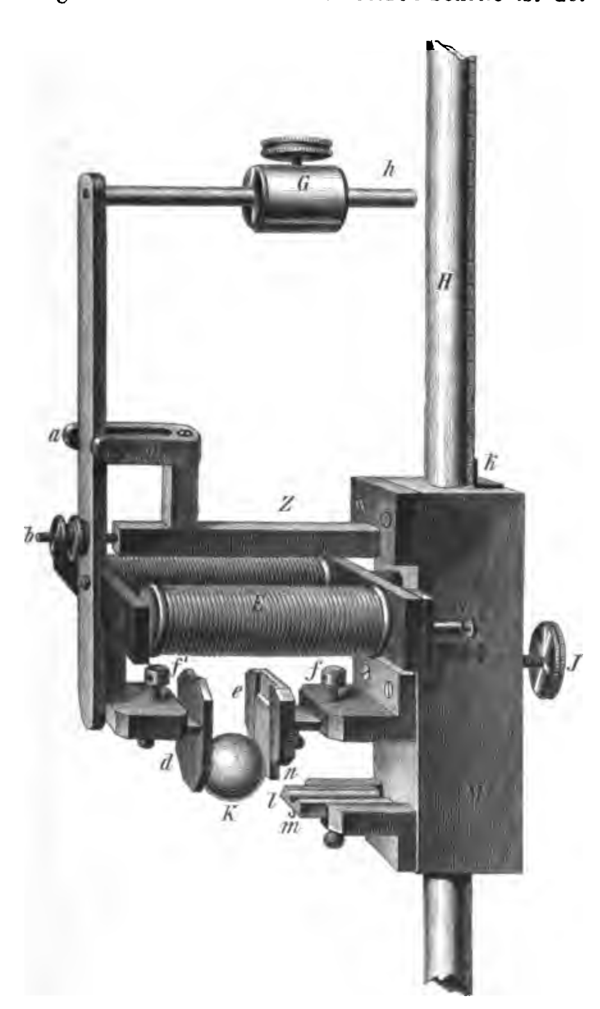


Fig. 107.

vertical verschiebbar sind und an jedem Punkt mittelst der
stgestellt werden können. Die vier Stäbe befinden sich auf einem
llschrauben einzustellenden eisernen Stativ T (Fig. 106) und sind an
Enden durch eine Querstange verbunden, die, um die Stabilität des

Gleichheit der Qualität beider Schalle noch sicherer zu sein, kann man
lie Benutzung eines der beiden Pendel beschränken, das man successiv
ne Höhe einstellt. Ueber eine hierzu dienende Einrichtung des Apparates
a. O.

Apparats zu sichern, mittelst prismatischer Holzstäbe an der Wand befestigt
Jeder der vier Kugelhalter, von denen in Fig. 106 nur drei (I, II, III) in versc
dener Höhe angedeutet sind, besteht aus einem Elektromagnete E und einem An
hebel Z (Fig. 107), welche an der prismatisch gestalteten Hülse M befestigt s
Die Marke k gibt an der auf H befindlichen Millimeterscala genau die Stellung v
und damit die entsprechende Fallhöhe der Kugel K an. Außer E und Z trä
noch zwei zur Fixirung der Kugel bestimmte Vorrichtungen enf und lm. Eb
befindet sich eine solche ($f'd$) am unteren Ende des Ankerhebels. Dieser
tere besteht aus dem Halter Z mit der Gabel g, in deren Axe a der Drehp
des eigentlichen Hebels ist. Dieser trägt an seinem oberen Ende die cylindri
Stange h mit dem Laufgewicht G. Am andern Hebelarm befindet sich
Anker c. Der Spielraum für die Bewegung des letzteren kann mittelst der
befestigten Schraube b, die durch eine weite Durchbohrung der vertic
Hebelstange hindurchgeht, indem man die auf b befindlichen Schraubenmu
verstellt, beliebig beschränkt werden. Die Einstellung der Kugel K gesch
indem sie zunächst in die Rinne der Platte l eingesetzt und dann dies
einem Schlitten verlaufende Platte soweit vorgeschoben wird, dass K zwis
den mittelst der Schrauben f und f' festzustellenden verticalen Platten n u
eingeklemmt werden kann. Hierbei wird die Platte n in dem Schlitten
eingestellt, dass n genau nur bis zum Aequator der Kugel herabreicht. Ist
geschehen, so wird der Strom des Elektromagnets E geschlossen, wodurch
Anker c gegen E bewegt und die Platte d an K festgedrückt wird. Sc
man dann den Träger l zurück, so fällt im Moment, wo der Strom wieder
öffnet wird, die Kugel in Folge der durch das Laufgewicht G erzeugten Dre
des Ankerhebels. Dieser Fall von K vollzieht sich, da n am Aequator ang
ohne jede gleitende Reibung. Das an der Unterfläche von l befindliche
chen m dient zur Befestigung eines Lothes, das, wenn m bei vorgeschob
Platte l auf den tiefsten Punkt der Kugel eingestellt ist, die Stelle des Fallb
angibt, welche von K getroffen wird. Vor dem eisernen Träger T (Fig.
befindet sich, durch einen kleinen Zwischenraum getrennt, der Fangkaste
mit der Fallunterlage F. Die vier Fächer sowie die Wände des ersteren
mit Tuch und Watte gefüttert, so dass die von den Fallbrettern zurückpralle
Kugeln völlig geräuschlos in sie hineinfallen. Die Fallunterlage F besteht
einem mit einer dicken Filzunterlage bedeckten Holzbrett; auf ihr befindet
unter jedem Kugelapparat ein kleines Fallbrett aus Ebenholz, b_1, b_2, b_3.
mit in jedem Versuch bei der Benutzung zweier Kugeln, deren Höhenunters
constant erhalten (Methode der r- und f-Fälle) oder sehr wenig variirt
(Minimaländerungen), die Zwischenzeit der beiden Schalle möglichst gl
bleibe, benutzt man zweckmäßig das Contactpendel P, dessen Schwingungsd
durch die Verschiebung zweier dies- und jenseits der Axe gelegenen Linse
weiten Grenzen variirt werden kann. Dasselbe bewirkt beim Passiren
Gleichgewichtslage die Oeffnung eines Contactes, die je nach Einstellung
Wippen U, welche mit den Stromwendern 1, 2, 3 und durch diese mit
entsprechenden Kugelapparaten verbunden sind, die Lösung des gewüns
Ankers und dadurch den Fall der zugehörigen Kugel hervorbringt. Der
des Pendels muss vollkommen geräuschlos sein; zu diesem Zweck wird
selbe von einem kleinen Elektromagnete e in seitlicher Lage festgehalten
durch Unterbrechung des von Me kommenden Stromes mittelst Oeffnung
Wippe s in Bewegung gesetzt. Die durch die Stromwender 1, 2, 3 und

parat U geleiteten Ströme der MEIDINGER'schen Batterien M_1, M_2, M_3,
elektromagnetischen Kugelhalter bestimmt. Befinden sich die
größeren Abständen von einander (Methode der mittleren Ab-
o muss entweder vor jedem Fall die Lage des Contactes ent-
rändert bezw. eine Mehrzahl von Contacten in verschiedener Lage
oder es muss, indem man auf die Benutzung des Contactpendels
e gleichförmige Oeffnung in U nach dem Takte des Metronoms
den. Die Ausführung der Versuche fordert, dass der Experimen-
die Schallstärken vergleichende Beobachter verschiedene Personen
ntliches Verfahren), und dass in dem Versuchsraum absolute Stille
amentlich müssen die Manipulationen des Experimentators völlig
. Ferner müssen alle Beobachtungen in der zur Elimination der
eitlage erforderlichen planmäßigen Reihenfolge mit stets gleich-
ausen ausgeführt werden.
uche mit Schallstärken sind wegen der kurzen Nachdauer der
und der geringen Ermüdung des Sinnesorgans zur Prüfung der
mpfindungsgesetze besonders geeignet; dagegen führen sie insofern
Schwierigkeit mit sich, als die Bestimmung der objectiven Schall-
lls auf subjectivem Wege geschehen muss, da wir zureichende
Methoden zur Schallstärkemessung noch nicht besitzen. Die beim
ugel entstehende lebendige Kraft ist dem Producte $p \cdot h$ (Ge-
höhe) proportional. Indem jedoch ein Theil dieser Kraft außer in
ungen noch in andere Bewegungsformen übergeht, unter welchen
bleibende Deformation der Kugel und der Fallunterlage eine wich-
elt, wird nur dann eine Proportionalität der Schallstärke mit dem
zu erwarten sein, wenn jene Deformation wegen der vollkommenen
r benutzten Körper eine sehr geringe ist. In der That fand
bei dem oben beschriebenen Fallphonometer innerhalb der hier
en Grenzen der Schallstärke diese Proportionalität annähernd be-
gen VIERORDT[2]), OBERBECK[3]), TISCHER[4]) und MERKEL[5]) bei der Be-
rer Vorrichtungen mehr oder minder erhebliche Abweichungen
Beobachter berechneten daher aus den Versuchen eine empirische
h^ε oder $i = p^\eta h^\varepsilon$, worin η und ε als variable Elemente ange-
für jede der benutzten Höhen bezw. bei der zweiten Formel auch
wicht bestimmt wurden. Bei jeder derartigen Bestimmung der
auf subjectivem Wege werden die einem gegebenen Normalschall
der Empfindung gleichenden Vergleichsschalle aufgesucht, indem
theils h variirt und die Werthe $p_1 h_1$, $p_2 h_2$, $p_3 h_3$ . . . . bestimmt,
der Schallstärke $i = ph$ gleich sind. Diese Bestimmungen müssen
imination der constanten Fehler in allen Zeitlagen nach der Methode
nderungen ausgeführt werden. Dabei ergibt sich jedoch stets ein
er constanter Fehler, der von der Gültigkeit des WEBER'schen Ge-
rt, da in Folge des letzteren von zwei verglichenen Schallintensi-
ößere zu klein geschätzt werden muss. Weil dieser relative
ler innerhalb der Grenzen der Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes
so kann er bestimmt und in Rechnung gebracht werden.

ud. III, S. 264 ff.
r. f. Biol. XIV, S. 303 ff. WIED. Ann. XVIII, S. 471. Vgl. hierzu meir
challstärkemessung ebend. S. 695 ff. 3) WIEDEMANN's Ann. XIII, S. 222
ud. I, S. 543 ff. 5) Phil. Stud. III, S. 117 ff., IV, S. 251 ff.

Die Schallempfindungen bilden bis jetzt dasjenige Empfindungsgebiet, welches das WEBER'sche Gesetz in weitestem Umfange bestätigt worden Doch gilt dies nur für die über minimale Empfindungsdifferenzen angestel Versuche, während bei der Methode der mittleren Abstufungen je nach Versuchsverfahren die Ergebnisse zwischen der geometrischen und der arithm schen Theilung der zwischen den beiden Grenzreizen gelegenen Stre schwanken. Einen Ueberblick über diese Resultate geben die folgenden, Versuchen von MERKEL und ANGELL entnommenen Tabellen. Die Versuche MERKEL sind mit einem einfacheren Apparate und mittelst Stahlkugeln, die eine harte Holzplatte fielen, ausgeführt. Die Schallstärke wurde durch Variir sowohl des Gewichtes wie der Fallhöhe verändert; zugleich war das Verfah ein wissentliches, und es wurde r_m mittelst minimaler Abstufungen gefund Die Versuche ANGELL's wurden mit dem obigen Fallphonometer, mit Elfenbe kugeln gleichen Gewichts, die von verschiedener Höhe herabfielen, unter wendung des unwissentlichen Verfahrens und unregelmäßiger Variirung mittleren Reizes angestellt. In I sind die früher (S. 342) erwähnten Fun mentalwerthe der Methode der Minimaländerungen angegeben. In II bezeichne und r_2 den oberen und unteren Grenzreiz, r_m die zwischen ihnen geschä Mitte, r_g und r_a das geometrische und arithmetische Mittel von r_1 und Unter f_g und f_a sind die Differenzverhältnisse $\frac{r_m - r_g}{r_g}$ und $\frac{r_m - r_a}{r_a}$ angegeb Die Versuche *A* beziehen sich auf einen, *B* auf zwei Beobachter (1, 2).

I. Methode der Minimaländerungen (MERKEL[1]).

r	$\frac{r_o}{r}$	$\frac{r}{r_u}$	r_o	Δr	R	Δ	$\frac{\Delta}{r}$
0,48	1,417	1,405	0,68	0,17	0,51	0,03	$\frac{1}{12}$
0,87	1,389	1,345	1,20	0,28	0,92	0,05	$\frac{1}{17}$
2,45	1,372	1,380	3,37	0,79	2,58	0,13	$\frac{1}{19}$
4,71	1,352	1,344	6,36	1,43	4,93	0,22	$\frac{1}{21}$
12,57	1,343	1,361	16,88	3,82	13,06	0,49	$\frac{1}{26}$
25	1,351	1,362	33,77	7,70	26,07	1,07	$\frac{1}{23}$
54,56	1,345	1,366	73,38	16,72	56,66	2,1	$\frac{1}{26}$
116,3	1,346	1,325	156,6	34,42	122,2	5,9	$\frac{1}{20}$
231,4	1,380	1,362	319,2	74,65	244,5	13,1	$\frac{1}{18}$
446,5	1,375	1,333	614,0	139,5	474,5	28	$\frac{1}{16}$
839,9	1,355	1,383	1138	265,3	872,7	32,8	$\frac{1}{26}$
1528	1,370	1,325	2094	470,5	1624	96	$\frac{1}{16}$
2569	1,375	1,346	3532	811,5	2721	152	$\frac{1}{17}$
5115	1,363	1,357	6955	1592	5363	248	$\frac{1}{21}$

1) Phil. Stud. V, S. 514.

II. Methode der mittleren Abstufungen.

A. (MERKEL[1]).

	r_2	r_m	r_g	r_a	f_g	f_a
)25	6,075	4,060	3,508	4,050	0,157	0,002
)93	14,98	9,911	8,648	9,986	0,146	— 0,006
386	29,66	19,88	17,12	19,77	0,161	0,006
i3	119,2	80,39	68,81	79,46	0,169	0,012
39	233,7	155,0	134,9	155,8	0,149	— 0,005
i	439,8	305,4	253,9	293,2	0,203	0,042
i	782,4	524,6	451,7	521,6	0,161	0,006
2	2386	1600	1377	1591	0,162	0,006
	3702	2461	2137	2468	0,152	— 0,003

B. (ANGELL[2]).

			r_m		f_g		f_a	
	r_g	r_a	1	2	1	2	1	2
	20	25	19,62	20,49	— 0,0019	0,0024	— 0,215	— 0,18
	34,6	40	35,00	35,75	0,011	—0,033	— 0,120	— 0,106
	30	37,5	28,60	32,33	— 0,046	0,077	— 0,237	— 0,138
	40	50	41,61	43,71	0,040	0,092	— 0,167	— 0,125
	44,7	60	43,77	51,11	— 0,020	0,143	— 0,103	— 0,149

e Methode der Minimaländerungen (I), so ergab auch die der r-
eine Bestätigung des WEBER'schen Gesetzes[3]). Dagegen zeigen die
len II sehr deutlich, dass bei der Schätzung größerer Empfindungs-
e Methode von wesentlichem Einfluss ist. Wie MERKEL, so fand
bei regelmäßig in minimalen Abstufungen vorgenommenen Varia-
nittleren Reizes im allgemeinen eine größere Annäherung an die
als an die geometrische Mitte. Doch ergab sich zugleich, dass
Erwartung einen großen Einfluss auf das Resultat ausübte, indem
en der Ausgangspunkte und Stufengrößen des variabeln Reizes jedes-
ie geschätzte Reizmitte veränderten, sodass diese gelegentlich der
n mehr als der arithmetischen Mitte sich nähern konnte. Da aber
at nur bei Versuchen, in denen eine Erwartungstäuschung mit-
lten wurde, so dürfte es keinen entscheidenden Beweis gegen das
gewonnene Ergebniss liefern.

htempfindungen. Dass unsere Auffassung der Lichtempfin-
ht proportional der objectiven Lichtstärke sondern langsamer
t aus zahlreichen Erfahrungen ersichtlich. Der Schatten, wel-
unkler Gegenstand im Mondlichte entwirft, verschwindet, wenn

. V, S. 519.
Stud. VII, S. 465.
E, Phil. Stud. VIII, S. 511 ff. u. Taf. I.

man eine hellleuchtende Lampe in die Nähe bringt; ein Schatten im Lampe
licht verschwindet hinwiederum, wenn die Sonne zu leuchten begin
Aehnlich verschwindet das Licht der Sterne im Tageslicht. In allen dies
Fällen sind nun die objectiven Helligkeitsunterschiede gleich groß: d
Sonnenlicht fügt zu dem Lampenschatten und seiner helleren Umgebu
zu dem Sternenlicht und dem dunkeln Himmelsgrund gleiche absolu
Helligkeitsmengen hinzu. Helligkeitsdifferenzen von constant bleibend
Größe werden also nicht mehr bemerkt, wenn die Lichtintensität zunimn

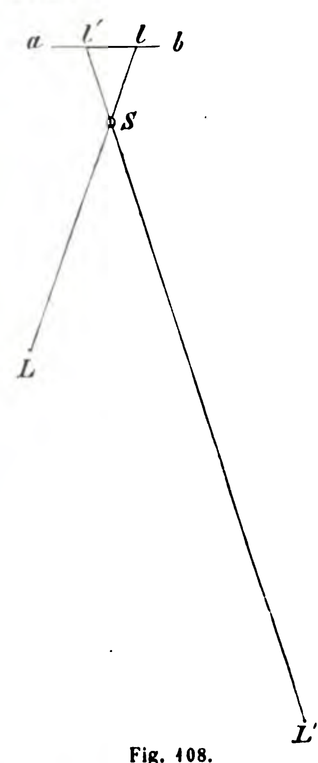


Fig. 108.

Lässt man dagegen, statt bei gleich bleibend
Helligkeitsdifferenz die absolute Lichtintensi
zu steigern, zwei in Vergleich gezogene Hell
keiten immer im gleichen Verhältniss zu- od
abnehmen, so bemerkt man, dass die Unt
schiede der Lichtempfindung entweder glei
erscheinen, oder doch jedenfalls sich nicht
selben Verhältniss wie die objectiven Lic
intensitäten zu ändern scheinen. Betra
tet man z. B. Wolken von verschieden
Helligkeit oder eine Zeichnung mit Schat
rungen zuerst mit freiem Auge und da
durch verdunkelnde graue Gläser, so sind
beiden Fällen feine Abstufungen der Helli
keit ungefähr mit gleicher Deutlichkeit sicl
bar[1]). Das nämliche lehrt die Vergleichu
der photometrisch ausgeführten Helligkei
messungen der Sterne mit dem subjectiv
Lichteindruck, den die Sterne hervorbring
Nach dem letzteren sind dieselben von d
Astronomen in Größenclassen eingetheilt w
den, da ein leuchtender Punkt um so größ
erscheint, je heller er gesehen wird. Dal
ergab sich, dass die scheinbaren Sterngröß
in arithmetischem Verhältnisse zunehmen, wenn ihre objectiven Helli
keiten in geometrischem wachsen, eine Beziehung, welche offenbar d
WEBER'schen Gesetze entspricht[2]).

Direct suchten BOUGUER und FECHNER die Empfindlichkeit für Helli
keitsdifferenzen mittelst eben merklicher Unterschiede zu bestimmen, ind
sie sich der sogenannten Schattenversuche bedienten. Eine weiße Tafel

1) FECHNER, Abhandl. der kgl. sächs. Ges. der Wiss. VI, S. 458.
2) FECHNER ebend. S. 492 und Elemente der Psychophysik I, S. 158.

ird mit zwei Flammen L und L' von genau gleicher Licht-
euchtet und vor ihr ein Stab S aufgestellt, der nun zwei
ıd l' auf die Tafel wirft. Das eine Licht L' wird bei einer
)istanz des anderen L so weit entfernt, bis der entsprechende
icht mehr sichtbar ist. Ist s die Entfernung des näheren
diejenige des entfernteren L', so verhalten sich die Intensi-
J' der auf der Tafel anlangenden Lichtstrahlen umgekehrt wie
der Entfernungen, also wie $s'^2 : s^2$. Ist z. B. L' 10 mal so
r Tafel entfernt wie L, so ist $J' = {}^1/_{100}\, J$. Nun ist aber
l' nur von dem Lichte L, die Umgebung dagegen von
quellen erleuchtet: die Stelle l' hat also die Lichtintensität
ste Umgebung die Intensität $J + J'$. Im Moment, wo der
erschwindet, ist also der von L' herrührende Beleuchtungszu-
nerklich geworden. BOUGUER fand auf diese Weise, dass bei
n Lichtintensitäten der Schatten verschwand, wenn sein Hellig-
ied ${}^1/_{64}$ war. VOLKMANN fand als Mittelwerth ${}^1/_{100}$[1]. In
auer ausgeführten Versuchen desselben Beobachters ergab es
dass jener Werth nicht ganz constant blieb, sondern mit der
eränderlich war, so dass er z. B. in einer Versuchsreihe bei
ıtstärke ${}^1/_{65{,}6}$, bei größerer ${}^1/_{195}$ betrug[2]. Zum nämlichen
n AUBERT, der, wenn die absolute Lichtstärke allmählich von
ıahm, dabei die Unterschiedsschwelle von ${}^1/_{40}$ auf ${}^1/_{146}$ wachsen
waren diese bedeutenden Abweichungen hauptsächlich durch
ınahme der Schwellenwerthe bei geringen Lichtstärken veran-
ıd bei mittlerer Intensität dieselben verhältnissmäßig wenig
vankten.

ıe Resultate erhielt MASSON mit rotirenden Scheiben. Am
ten verwendet man sie in der umstehenden Form (Fig. 109).
ißen Kreisfläche zieht man in der Richtung eines Radius einen
en Strich von constanter Breite. Wird nun die Scheibe durch
in sehr schnelle Rotation versetzt, so erscheinen graue Ringe,
schied von der Helligkeit des Grundes mit zunehmendem
ımt[4]. Man bestimmt nun den Punkt der Scheibe, wo die

, Psychophysik I, S. 148.
ıN, Physiolog. Untersuchungen im Gebiete der Optik, I. Leipzig 1863,

Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865, S. 58 f.
an nämlich die Lichtstärke des weißen Grundes $= 1$, so ist, wenn d
schwarzen Strichs und s die durch photometrische Vergleichung mit dem
bestimmte Helligkeit des verwendeten Schwarz bezeichnet, die Helligkeit
Ringes:

$$h = 1 - \frac{d\,s}{2\,r\pi}\,.$$

grauen Ringe aufhören sichtbar zu sein, und erhält so die Unterschie
empfindlichkeit bei der gegebenen Lichtstärke. Um zu untersuchen,
dieselbe bei wechselnder Lichtstärke constant bleibt oder sich ändert,
trachtet man die Scheibe bei verschiedener objectiver Beleuchtung. Bl
die Unterschiedsempfindlichkeit unverändert, so müssen die grauen R
immer an der nämlichen Stelle des Radius verschwinden. Dies fand
MASSON in seinen Versuchen sowohl bei dauernder Beleuchtung als
der Anwendung instantanen elektrisc
Lichtes annähernd bestätigt, und
schätzte hiernach die Unterschie
schwelle, ziemlich übereinstimmend
VOLKMANN's früheren Schattenversuc
auf $^1/_{100}$—$^1/_{120}$ [1]. Aehnliche Resul
erhielten HELMHOLTZ [2] und AUBERT [3];
zeigten sich in ihren Versuchen größ
Differenzen der relativen Unterschie
empfindlichkeit bei wechselnder Beleu
tung, so dass hierdurch die Gültigkeit
WEBER'schen Gesetzes überhaupt in F
gestellt schien. Alle diese Versuche lei

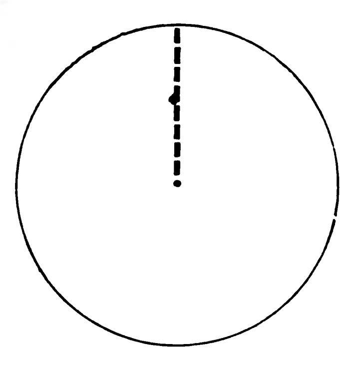


Fig. 109.

jedoch unter dem Uebelstand, dass sie zumeist bei wechselnder Tage
leuchtung ausgeführt sind, mit deren Veränderungen sich zugleich
Weite der Pupillen und, wie AUBERT selbst schon hervorgehoben hat,
gleich der Zustand der Netzhaut verändert, so dass die so gewonne
Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit ebenso wenig wie etwa die
verschiedenen Ermüdungszuständen eines Sinnesorgans erhaltenen Er
nisse mit einander vergleichbar sind. Um diese störenden Einflüsse n
lichst fern zu halten, führte daher KRAEPELIN [4] die Versuche mit
MASSON'schen Scheibe im Dunkelzimmer aus, indem er die Scheiben d
eine constant bleibende Lichtquelle erleuchtete und dann durch ph
metrisch bestimmte graue Gläser, durch die das Auge blickte, den Li
eindruck abschwächte. Es ergab sich auf diese Weise innerhalb w
Grenzen eine fast vollkommene Constanz der Unterschiedsschwelle. D
war bei einem Maximum künstlicher Beleuchtung (durch zwei Petrole
flammen in 25 cm Abstand erzeugt) $= {}^1/_{121,52}$, und sie blieb unveränd
wenn die Lichtintensität im Verhältniss von 1000 zu 300 abnahm;
bei weiterer Abnahme fing sie langsam zu steigen an, so dass sie, als

1) MASSON, Ann. de chim. et de phys. 3. sér. XX, p. 129.
2) HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 315.
3) AUBERT, Physiologie der Netzhaut, S. 70 f.
4) KRAEPELIN, Philos. Studien II, S. 306 und 651.

Lichtstärke etwa auf 3,6 herabgesetzt war, $^1/_{100}$ erreichte. Zu denselben Ergebnissen gelangte O. Schirmer[1]) bei Anwendung eines ähnlichen Verfahrens sowie Merkel[2]), der zwei leuchtende Mattglasflächen im Dunkelzimmer unter Anwendung der Methode der Minimaländerungen verglich.

Auch bei den Lichtempfindungen hat jedoch die Schätzung größerer Reizintervalle zu Ergebnissen geführt, die mit denjenigen der Methode der Minimaländerungen nicht durchgängig in Uebereinstimmung stehen. Namentlich scheint sich der durch Abstufung gefundene Reiz r_m, welcher zu zwei gegebenen Lichtstärken r_1 und r_2 die Empfindungsmitte bildet, bei höheren Lichtintensitäten mehr dem arithmetischen, bei geringeren mehr dem geometrischen Mittel zu nähern, im allgemeinen aber mit keinem von beiden vollständig zusammenzutreffen. Uebrigens entsteht hierbei zugleich durch die je nach dem Verhältniss der verglichenen Helligkeiten in verschiedenem Grade einwirkenden Contrasterscheinungen eine Complication der Versuche, deren Einfluss noch nicht zureichend ermittelt ist.

Eine Bestimmung der Reizschwelle für die Lichtempfindungen ist deshalb unmöglich, weil selbst in absoluter Finsterniss schwache subjective Erregungen stattfinden können, die wahrscheinlich von dem Druck der flüssigen Augenmedien und der Muskelspannungen herrühren. Diese subjectiven Erregungen hat man mit einem wenig passenden Namen als das Eigenlicht der Netzhaut bezeichnet. Die Schwankungen derselben geben sich an den von Purkinje[3]) beschriebenen Lichtnebeln und Lichtfunken im dunkeln Gesichtsfeld zu erkennen. Demnach kann von einer Reizschwelle beim Gesichtssinn nur insofern die Rede sein, als man die geringste Lichtintensität misst, die in absoluter Dunkelheit im Contrast gegen dieses mehr oder weniger von schwachen subjectiven Erregungen erfüllte dunkle Gesichtsfeld empfunden wird. Nach einigen Beobachtungen beginnen Metalle, wie Eisen, Zinn, Platin, bei einer Temperatur von 335 bis 370° C. im Dunkeln zu leuchten. Aubert schätzt diese Lichtintensität, freilich sehr approximativ, zu $^1/_{300}$ der Lichtstärke eines weißen Papiers, von welchem das Licht des Vollmondes reflectirt wird[4]). In den verschiedenen Regionen der Netzhaut scheint die Reizschwelle nicht ganz constant, sondern für die Seitentheile erheblich größer zu sein als für das Centrum, da ein leuchtender Punkt im indirecten Sehen heller erscheint als im directen, obgleich in Folge der schrägen Richtung des einfallenden Strahlenkegels die objective Lichtstärke eine geringere sein muss[5]). Ferner ist sie von

1) O. Schirmer, Arch. f. Ophthalm. XXXVI, 4, S. 121 ff.
2) Merkel, Phil. Stud. IV, S. 566 ff.
3) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne, I, S. 78 f.
4) Aubert, Grundzüge der physiologischen Optik. Leipzig 1876, S. 485.
5) Kirschmann, Phil. Stud. V, S. 447 ff. Vergl. a. A. E. Fick, Pflüger's Archiv XLIII. S. 441 und Schadow, ebend. XV, S. 499.

der Größe der beleuchteten Fläche abhängig; sie steigt beträchtlich, we diese Größe unter eine bestimmte Grenze sinkt. Letztere entspri nach CHARPENTIER bei ruhenden Objecten für alle Theile der Netzhaut ei linearen Bildgröße von 0,17 mm oder einer Objectgröße von 2 mm Dur messer in 20 cm Entfernung. Sinkt die Bildgröße unter die genan Grenze, so muss die Beleuchtungsstärke in gleichem Verhältnisse wachs als die beleuchtete Oberfläche abnimmt, wenn das Object sichtbar bleil soll [1]. Diesen Veränderungen der Reizschwelle entsprechen zugleich sol der Unterschiedsempfindlichkeit, indem nach MÜLLER-LYER bei Rei von geringer Ausdehnung die relative Unterschiedsempfindlichkeit e kleinere ist [2].

Zur Untersuchung der psychophysischen Verhältnisse des Gesichtssin können im allgemeinen die verschiedenen Formen von Photometern, die Vergleichung objectiver Lichtstärken dienen, Verwendung finden: so der Fig. 108 skizzirte Schattenphotometer oder auch photometrische Vorrichtung bei denen die durch matte Flächen hindurchscheinenden Lichtquellen, ana wie bei dem BUNSEN'schen Photometer, direct verglichen werden. Einer V richtung letzterer Art bediente sich MERKEL, die jedoch den Nachtheil hatte, d sie nur eine successive Vergleichung der Lichtstärke zuließ [3]. Wenig empfehle werth sind trotz ihrer Vorzüge für r photometrische Zwecke in diesem Falle Polarisationsphotometer, da sie nicht h reichend feine Abstufungen zulassen die Drehung des Nicols mit Farbenän rungen des Lichts verbunden ist, wel die Intensitätsvergleichung erschweren. mancher Beziehung den photometrisch Vorrichtungen überlegen sind die rotir den Scheiben, von denen die MASSON'sc Scheibe (Fig. 109) eine einfache Form Ebenso wie sie können Scheiben, auf de schwarze und weiße Sectoren von v schiedener Breite angebracht sind, Untersuchung der Unterschiedsempfindli keit dienen. Insbesondere bilden sol Scheiben auch ein bequemes Hülfsmittel zur Anwendung der Methode mittleren Abstufungen auf den Lichtsinn. Solche Versuche sind zuerst DELBOEUF ausgeführt worden [4]. Sein Verfahren bestand darin, dass er einer weißen Scheibe verstellbare schwarze Sectoren von veränderlic Breite anbrachte und die Scheibe in Rotation versetzte (Fig. 110). Breite der Sectoren wurde so abgestuft, dass bei der Rotation graue Ri

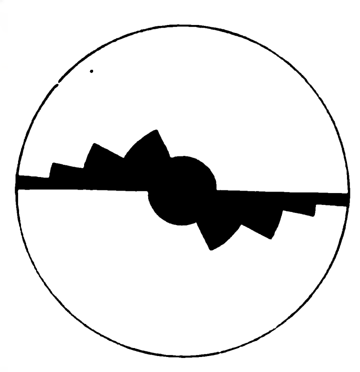


Fig. 110.

1) CHARPENTIER, Compt. rend. XCV, p. 96, 148, XCVI, p. 858, 1079.
2) MÜLLER-LYER, Archiv f. Physiol. 1889. Suppl. S. 117 ff.
3) MERKEL, Phil. Stud. IV, S. 553 ff.
4) DELBOEUF, Étude psychophysique. Bruxelles 1873, p. 50.

entstanden, von denen je ein mittlerer zu dem innern und äußern, die ihm benachbart waren, gleich stark contrastirte. Bezeichnet man die Breite dreier Sectoren in der Reihenfolge von außen nach innen mit δ, δ' und δ'', so würde das WEBER'sche Gesetz verlangen, dass überall $\frac{\delta}{\delta'} = \frac{\delta'}{\delta''}$ genommen werden muss. Die auf die angegebene Weise ausgeführten Beobachtungen leiden jedoch, wie ALFR. LEHMANN zeigte, so sehr unter dem Einfluss des Contrastes, durch den die Helligkeitsunterschiede benachbarter grauer Ringe vergrößert erscheinen, namentlich des Randcontrastes, dass genauere Bestimmungen hierdurch unmöglich werden. Zweckmäßiger bedient man sich daher des in Fig. 111 dargestellten Rotationsapparates. Auf einem Tisch T befindet sich eine Rinne, in welcher das Triebrad R und die drei Scheiben S_1, S_2, S_3 mittelst der zu ihnen gehörigen Stative beliebig verschoben und festgeschraubt werden können. Von dem Triebrad aus laufen über die Rollen, an denen die Scheiben befestigt sind, Schnüre, so dass beim Drehen der Kurbel R

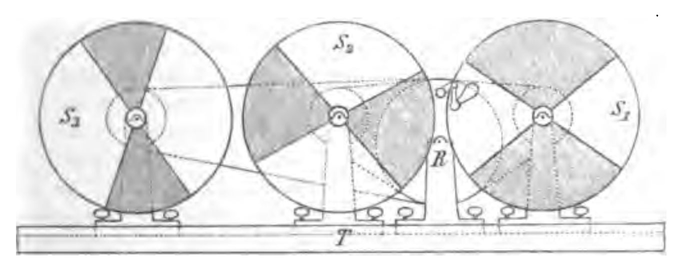


Fig. 111.

die drei Scheiben in rasche Rotation gerathen [1]. Neben einem solchen größeren Rotationsapparat bedient man sich zweckmäßig einer größeren Anzahl kleinerer mit je einer Scheibe von 10—20 cm Durchmesser, die unabhängig von einander aufgestellt werden können, und deren jeder durch ein Federuhrwerk in Rotation versetzt wird. Um die Helligkeitsverhältnisse der rotirenden Scheibe aus dem Verhältniss der Sectorenbreiten bestimmen zu können, ist eine genaue Ermittelung des Lichtverhältnisses des verwendeten Weiß zu dem schwarzen Pigment, das zur Herstellung der schwarzen Sectoren dient, erforderlich. Zu diesem Zweck müssen die Lichtintensitäten mit einem möglichst minimalen Schwarz von constanter Helligkeit verglichen werden, indem man bestimmt, wie viel von dem verwendeten Weiß zu jenem annähernd absoluten Schwarz hinzugefügt werden muss, um das Schwarz des benutzten Pigmentes zu erhalten. Zu diesen Bestimmungen bedient man sich eines auf seiner Innenfläche mit dunkelstem, schwarzem Sammt gefütterten Kastens, der gegen das beobachtende Auge hin

1) Der Rototionsapparat des Leipziger Instituts ist in größeren Dimensionen ausgeführt. Der Schlitten T hat eine Länge von 2,25 m, jede Scheibe einen Durchmesser von 60 cm. Dies hat den Vortheil, dass der Apparat nicht nur zu Demonstrationszwecken dienen kann, sondern dass auch die rotirenden Scheiben in der sogleich zu erwähnenden Weise hinter kleineren Rotationsapparaten aufgestellt und zur Herstellung gleichförmiger Hintergründe von genau zu bestimmender Beschaffenheit benutzt werden können.

eine mittelst einer Schiebevorrichtung beliebig variirbare rechteckige Oeffn
besitzt. Vor dieser Oeffnung stellt man einen kleinen Rotationsapparat
dessen Scheibe an der der Oeffnung entsprechenden Stelle einen Ausschnitt
der Winkelgröße a besitzt, der nach innen von einem aus dem benutz
schwarzen Pigment hergestellten Sector begrenzt wird. Gibt man dem letzte
diejenige Winkelgröße b, bei welcher die bei der Rotation entstehenden an
anderstoßenden Ringe genau das gleiche Grau darbieten, so ist, wenn man
Helligkeit des schwarzen Pigmentes = 1, die des Weiß der Scheibe $= x$ se
und wenn man annimmt, dass die aus dem dunkeln Raum ausgestrahlte Lichtme
verschwindend klein sei, $(360 - a)\ x = b + (360 - b)\ x$ oder $x = \frac{b}{b - a}$

Zur Variirung der Helligkeit von Lichtquellen oder hellen Flächen, de
Vergleichung zur Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit dient, bed
man sich am zweckmäßigsten des zuerst von AUBERT[2]) angewandten E
skotisters, den die Fig. 112 in einer modificirten Form veranschaulicht.
selbe besteht aus einem getheilten Kr
der durch zwei feste Sectoren aus dün
Schwarzblech mit einer kleinen zur Befe
gung am Rotationsapparat dienenden mittl
Scheibe zusammenhängt. Eine Anzahl w
terer beweglicher schwarzer Sectoren,
übereinander geschoben werden könn
macht es möglich, den schwarzen T
der Scheibe von ca. 60 (eventuell bei
ringerer Winkelgröße des festen Sec
sogar von 10°) bis 360° zu variiren. Du
die zwischen den schwarzen Sectoren b
benden Oeffnungen dringt das Licht
in angemessener Entfernung hinter
Episkotister aufgestellten Lichtquelle
leuchtenden Fläche, das sich bei rasc
Rotation der Scheibe mit dem Schw
der Sectoren zu einem gleichmäßigen Eindruck mischt. Alle Versuche mit
Episkotister müssen im Dunkelzimmer angestellt werden, d. h. in ei
überall schwarz angestrichenen, nur mit schwarzen Geräthen ausgestatte
Raum ohne Fensteröffnungen. Als Lichtquellen benutzt man, da es le
noch an exacten physikalischen Hülfsmitteln zur Erzeugung von Lichtstär
nach absolutem Maß fehlt (die sog. Normalkerzen sind ganz inconstant), zwe
mäßig Petroleumlampen mit stets gleich bleibender Flamme (Rundbrenner)
sehr großem Flüssigkeitsbehälter, in welchem das Niveau annähernd cons
erhalten wird.



Fig. 112.

Die Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit für die Intensität f
biger Lichteindrücke kann, wenn man Pigmente anwendet, ebenfalls mit
Farbenkreisel ausgeführt werden, wobei man entweder glanzlose farbige Pap
in auffallendem Lichte oder nach dem Vorgang von KIRSCHMANN farbige Gelat
platten im durchfallenden Lichte an episkotisterähnlichen Scheiben verwen

1) KIRSCHMANN, Phil. Stud. V, S. 292 ff.
2) Physiologie der Netzhaut S. 33 f.

Die letzteren haben den Vortheil, dass durch geeignete Combination verschiedenfarbiger Platten Farben hergestellt werden können, die annähernd den einfachen Spektralfarben gleichkommen[1]). Durch Mischung solcher Farbensectoren mit Schwarz und Weiß bei der Rotation lassen sich die Helligkeitsgrade und Sättigungen der Farben abstufen. Zur Untersuchung der Helligkeitsempfindung der Spektralfarben benutzt man im wesentlichen die nämlichen Vorrichtungen, die zur Untersuchung der qualitativen Verhältnisse der Farbenempfindung dienen. (Vergl. über diese Cap. IX, 4.)

Die älteren Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit für Lichtstärken leiden durchweg unter dem Uebelstande, dass sie bei diffusem Tageslicht angestellt sind. Bei diesem übt aber stets dasjenige Licht, welches abgesehen von den zu vergleichenden Lichteindrücken in das Auge einfällt, einen ungeheuren Einfluss auf den Erregbarkeitszustand der Netzhaut aus, und da das diffuse Tageslicht in der Regel fortwährenden Intensitätsschwankungen unterworfen ist, so werden dadurch die Versuche in unabsehbarer Weise complicirt, um so mehr da jene Veränderungen der Erregbarkeit selbst wieder einen bestimmten Verlauf darbieten, dessen Geschwindigkeit theils von der Lichtstärke, theils von physiologischen Zuständen abhängt. Im allgemeinen äußert sich die durch eine plötzliche Veränderung der objectiven Lichtreizung bewirkte Erregbarkeitsschwankung darin, dass zuerst die Erregbarkeit für die eingetretene Lichtstärke sehr stark abnimmt und dann langsam bis zu einem Maximum anwächst. Man hat darum diesen Vorgang als Adaptation der Netzhaut bezeichnet. Den Einfluss der letzteren auf die Unterschiedsempfindlichkeit hat schon Aubert nachgewiesen. Er fand z. B., dass bei kurzem Aufenthalt im Dunkeln bei einer minimalen Lichtstärke die Unterschiedsschwelle nur $^1/_4$ betrug, nach einiger Zeit aber auf $^1/_{25}$ sich erhoben hatte[2]). Aehnliche Wirkungen beobachtet man beim Uebergang aus dem Dunkeln in helle Tagesbeleuchtung. Wenn nun auch bei den gewöhnlichen Versuchen über Unterschiedsempfindlichkeit diese Adaptationseinflüsse bei weitem nicht so groß sind, so sind sie doch jedenfalls groß genug, um eine sichere Bestimmung der Unterschiedsschwelle und namentlich die Beantwortung der Frage nach der Constanz derselben völlig unmöglich zu machen. Ganz lassen sich natürlich diese Einflüsse der Veränderung der Erregbarkeit der Netzhaut nicht eliminiren, da schon die zu vergleichenden Lichteindrücke selbst solche Einflüsse ausüben. Immerhin können sie durch die Beseitigung aller sonstigen Lichteinwirkungen und durch die möglichst vollständige Adaptation der Netzhaut sehr vermindert werden. Da nun Adaptationsvorgänge in gewissem Grade unvermeidlich sind, so hat man diese in verschiedener Weise für die Erklärung der Resultate über die Unterschiedsempfindlichkeit herbeigezogen. Entweder vermuthete man, wie dies Aubert[3]) zu thun scheint, die mangelhafte Adaptation habe in vielen Versuchen den Schein einer Uebereinstimmung mit dem Weber'schen Gesetz hervorgerufen; oder man machte umgekehrt, wie Kraepelin und Schirmer, gerade den Mangel einer zureichenden Adaptation für die Nichtübereinstimmung gewisser Ergebnisse mit dem Weber'schen Gesetze verantwortlich. Die letztere Auffassung hat in der schon hervorgehobenen Thatsache, dass das Weber'sche Gesetz um so vollständiger zutrifft, eine je vollkommenere Adaptation bei jeder Lichtstärke eingetreten ist, zwei-

1) Kirschmann, Phil. Stud. VI, S. 543.
2) Aubert, Physiol. der Netzhaut, S. 67 ff.
3) Aubert, ebenda.

fellos ihre Bestätigung gefunden. In Folge dessen ließe sich nun aber wieder
annehmen, das WEBER'sche Gesetz selbst sei ein Ausdruck d
stattfindenden Adaptation. In diesem Sinne hat HERING sowohl auf
Adaptation der Pupille wie auf die des nervösen Apparates hingewiesen
Bezüglich des ersteren zeigte jedoch KRAEPELIN, dass das WEBER'sche Ges
innerhalb der nämlichen Grenzen seine Gültigkeit bewahrt, wenn durch At
pinisirung des Auges die Adaptation der Pupille aufgehoben ist[2]. Natürl
lässt sich die Netzhautadaptation nicht in der gleichen Weise eliminiren, u
um die Versuche möglichst constanten Bedingungen zu unterwerfen, bleibt n
übrig, sie stets bei vollkommener Adaptation auszuführen. Hiernach
denn auch O. SCHIRMER[3]) von neuem die Zurückführung des WEBER'sch
Gesetzes auf die Netzhautadaptation als eine zwar nicht direct zu erweisen
aber doch sehr wahrscheinliche Annahme bezeichnet. Wenn das Auge zue
für eine objective Helligkeit h, dann für eine solche $2h$ adaptirt sei, so wer
ihm nun die letztere gleich hell mit der ersteren erscheinen, und demzufo
dem von h eben merklich verschiedenen Reize xh hier ein von $2h$ eben me
lich verschiedener Reiz $2xh$ entsprechen. Gegen diese Berechnungsweise
aber doch einzuwenden, dass auch bei der vollkommensten Adaptation niem
zwei Helligkeiten h und $2h$ einander gleich erscheinen, abgesehen davon d
die Bewährung des WEBER'schen Gesetzes auf andern Sinnesgebieten, wie
dem des Schalls, einer solchen singulären Interpretation im Wege steht. Ueb
gens ist zu bemerken, dass SCHIRMER seine Versuche an MASSON'schen Scheib
großentheils bei verschiedener Tagesbeleuchtung, nicht wie KRAEPELIN
künstlichem Licht und im Dunkelzimmer ausgeführt hat. Theils hieraus th
aus sonstigen Abweichungen der Methode mag es sich erklären, dass die v
ihm gefundene Unterschiedsschwelle $\left(\frac{1}{217}\right)$ erheblich kleiner ist als die v
andern Beobachtern gefundenen Werthe[4].

Für die Methode der mittleren Abstufungen gelten selbstverständlich bezü
lich der Adaptation die nämlichen Gesichtspunkte. Neben dem Einfluss d
diffusen Beleuchtung auf den Erregbarkeitszustand der Netzhaut kommt al
hier noch der Einfluss des Contrastes zur Geltung. Zwei Eindrücke von ve
schiedener Helligkeit können nicht nur durch den Contrast, den sie auf einand
ausüben, sondern auch durch den Contrast gegen ihre sonstige Umgebung
ihrer scheinbaren Helligkeit verändert werden. Von diesen beiden Contra
einflüssen ist der erste, der Contrast der zu vergleichenden Lichtstärken, natürli
uneliminirbar; er gehört mit zu den Versuchsbedingungen und ist überhau
wahrscheinlich gar kein Vorgang, der von dem Vorgang der Vergleichung

1) HERING, Wiener Sitzungsber. 3. Abth. LXXII, S.-A. S. 28.
2) KRAEPELIN, Phil. Stud. II, S. 652 ff.
3) Arch. f. Ophth. XXXVI, 4, S. 147 ff.
4) Gerade beim Lichtsinn dürften die großen Abweichungen in der Bestimmu
der Schwellengröße selbst bei sonst übereinstimmenden Versuchseinrichtungen zume
darauf zurückzuführen sein, dass sich viele Beobachter noch immer bei der Anwendu
der Minimalmethode nicht der regelmäßigen stetigen Abstufungen, wie sie S. 344
angegeben sind, sondern eines tastenden Verfahrens bedienen, bei welchem durch H
und Herprobiren der Ebenmerklichkeits- und der Gleichheitspunkt, manchmal au
nur einer von beiden aufgesucht wird. Ein solches Verfahren schließt immer e
gewisse Willkür in sich, welche in den Differenzen verschiedener Beobachter zu T
treten wird.

Lichtstärken trennbar ist. Dagegen muss der Contrast der in Betracht gezogenen Objecte mit ihrer sonstigen Umgebung völlig ausgeschlossen werden, da er in der wechselndsten Weise die Vergleichung beeinflussen und scheinbare Unterschiede hervorbringen kann, wo die Objecte selbst von gleicher Lichtbeschaffenheit sind, oder eine Gleichheit der Objecte vortäuschen kann, wo diese, unabhängig von äußeren Contrasteinflüssen verglichen, deutlich verschieden sind. Da übrigens der Contrast der verglichenen Objecte bei unmittelbarer Nähe derselben sehr viel größer und zugleich ungleichmäßig über dieselben vertheilt ist, so ist es erforderlich, auch diesen Randcontrast zu vermeiden, indem man die Gegenstände zwar einander hinreichend nahe bringt, damit eine simultane Vergleichung möglich ist, aber doch das Gebiet vermeidet, wo ein Randcontrast merklich wird.

Der Methode der mittleren Abstufungen lassen sich zunächst die oben erwähnten astronomischen Bestimmungen der scheinbaren Sterngrößen zurechnen [1]. Sie bieten zugleich einen Fall dar, in welchem diese Methode zu einer Bestätigung des Weber'schen Gesetzes geführt hat, noch bevor dasselbe in seiner allgemeinen Form aufgestellt worden war. Da aber hierbei der Intensitätsunterschied zweier aufeinanderfolgenden Classen ein verhältnissmäßig kleiner ist, so dass er die mittelst der Minimaländerungen gefundene Unterschiedsschwelle nicht beträchtlich übersteigen dürfte, so lässt dies noch keinen Schluss auf die Abstufung größerer Empfindungsintervalle zu. Ebenso gehört hierher das Verfahren von Ebbinghaus, der eine größere Reihe von grauen Papieren herstellte, deren objective Helligkeit er mittelst des Farbenkreisels bestimmte, und aus denen er dann eine Scala von 7 subjectiv gleichen Helligkeitsabstufungen auswählte [2]. Auch hier sind die Unterschiede je zweier auf einander folgender Helligkeitsstufen jedenfalls relativ klein gewesen, und überdies ist der Einfluss des Contrastes nicht eliminirt. Ein sicherer Schluss lässt sich daher daraus, dass in diesen Versuchen im allgemeinen der Quotient je zweier aufeinanderfolgender Helligkeiten mit wachsender Helligkeit abnahm, nicht ziehen.

Ueber ein weiteres Gebiet von Abstufungen, bei denen zugleich der Contrast und soweit wie möglich die Adaptationseinflüsse eliminirt waren, erstrecken sich die nach der Methode der mittleren Abstufungen unternommenen Versuche von Neiglick. Drei rotirende Scheiben d, v, h wurden, wie es Fig. 113 im

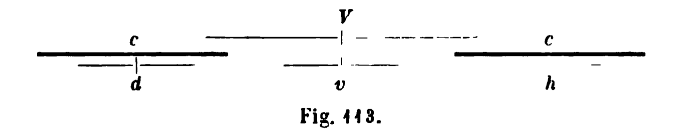


Fig. 113.

Grundriss zeigt, neben einander aufgestellt. Die beiden äußeren Scheiben d und h bestanden in jedem Versuch aus einem constanten Verhältniss schwarzer und weißer Sectoren, so aber, dass die dunklere d und die hellere h um einen erheblich übermerklichen Unterschied von einander entfernt waren. Die mittlere Scheibe v konnte in jedem Versuch so variirt werden, dass man sie durch stetige Abstufung genau auf die Empfindungsmitte zwischen d und h einstellte.

1) Fechner, Phil. Stud. IV, S. 181.
2) Ebbinghaus, Sitz.-Ber. der Berl. Akad. 1. Dezbr. 1887.

Außerdem rotirten d und h jede vor einem Hintergrund c, dessen Helligkeit derjenigen der vor ihm stehenden Scheibe gleich war, v aber vor einem Hintergrund, der durch eine größere rotirende Scheibe hergestellt war, und dessen Helligkeit fortwährend entsprechend v verändert wurde[1]). Für die Herstellung von Hintergründen gleicher Helligkeit zur Elimination äußerer Contrasteinflüsse bedient man sich übrigens am besten des oben in Fig. 111 dargestellten großen Rotationsapparates, vor welchem die kleineren rotirenden Scheiben d, v, h aufgestellt werden, während die Sectorenverhältnisse je einer vorderen und einer als Hintergrund dienenden Scheibe einander gleich gemacht werden. Damit man große Scheiben als Hintergrund auffasst, dürfen aber die kleinen nicht etwa an demselben Rotationsapparat angebracht werden.

Die folgende Zusammenstellung gibt schließlich einige Beispiele der an Masson'schen Scheiben nach der Methode der Minimaländerungen (I) sowie der bei verschiedenen Verfahrungsweisen nach der Methode der mittleren Abstufungen gewonnenen Ergebnisse (II und III). In I ist die stärkste der angewandten Lichtintensitäten i, bei welcher die Masson'sche Scheibe ohne verdunkelnde Gläser gesehen wurde, $= 1000$ gesetzt; in II und III bezeichnen i_1 und i_2 die beiden Grenzreize, i_m den als den mittleren geschätzten Reiz; i_g, i_a, f_g und f_a haben analoge Bedeutung wie auf S. 366.

I. Methode der Minimaländerungen (Kraepelin)[2]).

i		1000	706,59	593,78	388,44	386,44	305,58	96,22	78,48	9,61
$\frac{\Delta i}{i}$	rechts	$\frac{1}{121,5}$	$\frac{1}{121,5}$	$\frac{1}{121,5}$	$\frac{1}{121,5}$	$\frac{1}{121,5}$	$\frac{1}{120,9}$	$\frac{1}{117,6}$	$\frac{1}{117,4}$	$\frac{1}{109,1}$
	links	$\frac{1}{107,8}$	$\frac{1}{107,8}$	$\frac{1}{107,8}$	$\frac{1}{107,8}$	$\frac{1}{107,8}$	$\frac{1}{108,7}$	$\frac{1}{98,4}$	$\frac{1}{98,3}$	$\frac{1}{62}$

II. Methode der mittleren Abstufungen (Neiglick)[3]).

$i_2 =$ 27,8	$i_1 =$ 1,00	3,97	4,53	5,93	6,39	8,44	15,14	21,84	34,5	42,31	44,99	54,22	65,02	66
i_m	6,24	11,33	11,70	12,91	13,36	15,33	20,91	24,54	30,23	34,59	36,68	40,79	43,66	[illegible]
i_g	5,27	10,46	11,22	12,91	13,32	15,32	20,51	24,64	30,96	34,29	35,30	38,82	42,50	[illegible]
i_a	14,4	15,9	16,1	16,8	17,0	18,1	21,4	24,8	31,1	35,0	36,3	41,0	46,4	47,9
f_g	+0,185	+0,083	+0,043	±0,000	+0,003	+0,015	+0,019	−0,004	−0,023	+0,009	+0,039	+0,050	+0,027	[illegible]
f_a	−0,566	−0,287	−0,272	−0,231	−0,214	−0,141	−0,023	−0,015	−0,028	−0,012	+0,015	−0,005	−0,059	[illegible]

1) Alfr. Lehmann, Phil. Stud. III, S. 499. Neiglick ebend. IV, S. 32.
2) Kraepelin, Phil. Stud. II, S. 311.
3) Neiglick, ebend. IV, S. 63 Tab. VI.

III. Methode der mittleren Abstufungen (Merkel)[1].

$i_2 = 0.5$	$i_1 =$ 1536	384	96	32	8	2
i_m	149,9	68,5	24,8	10,44	3,56	1,17
i_g	27,7	13,85	6,92	4	2	1
i_a	768,25	192,95	48,25	16,25	4,25	1,25
f_g	+ 6,36	+ 3,96	+ 2,58	+ 1,61	+ 0,78	+ 0,17
f_a	— 0,75	— 0,64	— 0,49	— 0,36	— 0,16	— 0,06

Man ersieht hieraus, dass die Methode der Minimaländerungen innerhalb ziemlich weiter Grenzen eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem Weber-schen Gesetze ergibt; nur bei den kleinsten Lichtintensitäten zeigt sich eine untere Abweichung. Die Methode der mittleren Abstufungen dagegen ergibt nur bei geringeren Distanzen der Grenzreize ein annäherndes Zusammenfallen des geschätzten mittleren Reizes i_m mit dem geometrischen Mittel i_g (II); bei größeren Reizintervallen liegt i_m zwischen i_g und i_a, nähert sich aber mehr dem letzteren (III). Uebrigens sind die Ergebnisse von Neiglick und Merkel nicht direct vergleichbar, weil bei den letzteren eine successive Schätzung der Reize stattfand. Neiglick stellte fest, dass bei den von ihm eingehaltenen Versuchsbedingungen die Uebereinstimmung mit dem Weber'schen Gesetz am vollständigsten für diejenigen Lichtstärken war, deren Contrast zugleich ein Maximum erreichte. Dies weist auf eine Beziehung des Weber'schen Gesetzes zu den Contrasterscheinungen hin, auf welche wir bei diesen zurückkommen werden. (Vgl. Cap. IX, 4.)

Sehr viel größere Schwankungen der Unterschiedsempfindlichkeit, als sie in den obigen Versuchen beobachtet wurden, erhielten A. König und Brodhun bei Untersuchungen, die sie mittelst des Polarisationsphotometers nach der Methode der eben merklichen Unterschiede anstellten. $\frac{\Delta i}{i}$ betrug (an K.'s normalem Auge) in seinen kleinsten Werthen bei mäßigen Lichtreizen (50 000—1000 der gewählten Einheit) etwa $^1/_{60}$, und erhob sich bei der größten Intensität (1 Million) auf $^1/_{28}$, bei der niedersten (0,02) auf $^2/_3$. Uebrigens dürften letztere Werthe wesentlich auf Rechnung der Methode zu setzen sein, in welcher jedenfalls auch die von allen andern Beobachtungen abweichende Größe der Unterschiedsschwelle ihren Grund hat.

Die Versuche einer Bestimmung der Reizschwelle für farbloses Licht werden sämmtlich dadurch unsicher, dass das sogenannte Eigenlicht der Netzhaut offenbar erhebliche Schwankungen darbietet. Außerdem ist bei diesen Bestimmungen meist auf den Einfluss der Bildgröße keine Rücksicht genommen. Das von Charpentier nachgewiesene Wechselverhältniss von Bildgröße und Lichtstärke, wonach die letztere, um über der Reizschwelle zu bleiben, in gleichem Verhältnisse wachsen muss, als die beleuchtete Oberfläche abnimmt,

[1] Phil. Stud. IV, S. 568 Tab. XIII.

hängt wahrscheinlich mit der Irradiation heller Objecte auf dunklem Gru
zusammen. Die Irradiation, die auf den das Bild eines weißen Objectes u
gebenden Zerstreuungskreisen beruht und in gewissem Grade auch im nor
accommodirten Auge vorkommt, bewirkt nämlich eine Vergrößerung des Bild
indem derjenige Theil des Zerstreuungskreises, dessen Lichtstärke von der
eigentlichen Bildes nicht unterschieden werden kann, zu dem Bilde hinzuge
wird. Die so bewirkte Vergrößerung ist, wie ALFR. LEHMANN in AUBERT's so
in eigenen Versuchen bestätigt fand, so lange unabhängig von dem Gesichtswi
des Objectes, als das Verhältniss $\frac{a}{i}$ zwischen den Helligkeiten a und i
Grundes und des Objectes constant bleibt, wogegen die Irradiationszunah
wächst, wenn $\frac{a}{i}$ abnimmt, sei es dass a ab- oder i zunimmt. Wenn
Objecte unter einem so kleinen Gesichtswinkel gesehen werden, dass der Dur
messer des Zerstreuungskreises größer ist, als das ideelle Netzhautbild,
wächst, so lange $\frac{a}{i}$ constant ist, die Irradiationszunahme dergestalt mit
nehmendem Gesichtswinkel, dass die scheinbare Größe des Objectes const
bleibt. Innerhalb dieser Grenzen werden also Abnahme des Gesichtswink
und Abnahme der Helligkeit des Objectes in ihren Wirkungen einander äq
valent sein, indem durch beide lediglich die Helligkeit des Bildes vermindert wi
jede Abnahme des Gesichtswinkels wird demgemäß durch eine proportionale
nahme der Lichtstärke compensirt werden können und umgekehrt [1]).

Die Unterschiedsempfindlichkeit für einfarbige Strah
bestimmten A. KÖNIG und BRODHUN mittelst des Polarisationsphotometers
verschiedenen Lichtstärken. Für eine mittlere Lichtstärke i (500 der gewähl
Einheit) ergaben sich für KÖNIG's Auge bei 6 verschiedenen Wellenlängen
folgenden Werthe der relativen Unterschiedsschwelle $\frac{\Delta i}{i}$, denen zugleich
mittelst des nämlichen Apparates bestimmten absoluten Reizschwellen S bei
fügt sind.

Wellenlänge in Milliontheilen eines mm	670 (Roth)	605 (Orange)	575 (Gelb)	505 (Grün)	470 (Blau)	430 (Indigblau)
$\frac{\Delta i}{i}$	$\frac{1}{48,5}$	$\frac{1}{45,7}$	$\frac{1}{48,8}$	$\frac{1}{50,8}$	$\frac{1}{53,5}$	$\frac{1}{45,9}$
S	0,060	0,0056	0,0029	0,00017	0,00012	0,00012

Hiernach zeigt die Unterschiedsschwelle bei den verschiedenen Farb
keine erheblichen Abweichungen. Aber auch hier steigt sie bei starken u
besonders bei sehr geringen Intensitäten, wobei übrigens auffallend ist, dass Kö
und BRODHUN die untere Zunahme für weißes Licht sehr viel bedeutender fan
als für sämmtliche einzelne Farben. Wesentlich anders als die Unterschie
empfindlichkeit verhält sich, wie die Werthe von S zeigen, die absolute Lic
empfindlichkeit, die im Roth am kleinsten ist und dann mit abnehmen

1) ALFR. LEHMANN, PFLÜGER's Arch. XXXVI, S. 580.

Wellenlänge fortwährend zunimmt. Für Weiß fanden die nämlichen Beobachter einen Schwellenwerth von 0,00072, der also etwa in der Mitte der obigen Werthe von S lag[1].

Auf den Seitentheilen der Netzhaut sinkt die Unterschiedsempfindlichkeit bedeutend, scheint aber in Bezug auf die einzelnen Farben ähnliche Unterschiede wie im directen Sehen darzubieten[2].

Die Reizschwelle für Farben weicht ab von der Reizschwelle für farblose Lichterregungen, denn alle Farben erscheinen bei geringer Helligkeit farblos. Der Intensitätszuwachs, welcher zu der die Helligkeitsempfindung erzeugenden Lichtstärke hinzutreten muss, um die Farbenempfindung auszulösen, ist aber für die weniger brechbaren Farben ein weit geringerer als für die brechbareren. Während nach Charpentier bei Roth die Farbenschwelle etwa nur doppelt so groß als die Helligkeitsschwelle ist, erreicht sie im Violett die 160fache Größe derselben. Ebenso verhalten sich die zur Farben- und zur Helligkeitsunterscheidung von Punkten erforderlichen Lichtstärken. Dagegen ist das Verhältniss zwischen der Lichtmenge, welche die Erkennung einer Farbe, und derjenigen, welche die Unterscheidung eines mit derselben Farbe beleuchteten Punktes gestattet, nach Charpentier annähernd constant und zwar ist die letztere etwa viermal so groß als die erste[3].

3) Druck- und Bewegungsempfindungen. Die hierher gehörigen Versuche von E. H. Weber haben die erste Unterlage des von ihm aufgestellten Gesetzes gebildet. Weber's eigene nach der Methode der eben merklichen Unterschiede ausgeführte Beobachtungen sind freilich wenig zahlreich und stehen nur theilweise mit seinem Gesetze in Uebereinstimmung[4]. Die Empfindlichkeit für Druckunterschiede bestimmte er theils durch gleichzeitige Belastung beider Hände mit verschiedenen Gewichten, theils indem diese successiv auf eine und dieselbe Hand aufgesetzt wurden. Im ersten Fall betrug der relative Unterschied durchschnittlich $^1/_3$, im zweiten nur $^1/_{14}$—$^1/_{30}$. Auch zeigte es sich, dass fast alle Personen geneigt sind, zwei gleiche Gewichte mit beiden Händen verschieden zu schätzen, wobei die meisten das links liegende für das größere halten. Feiner ist das Unterscheidungsvermögen für Gewichte, wenn solche durch Heben geschätzt werden, wobei die Bewegungsempfindung mit der Druckempfindung zusammenwirkt. So fand Weber bei Benutzung beider Hände eine Unterschiedsempfindlichkeit von $^1/_{15}$—$^1/_{20}$. Wurden durch successive Hebung mit einer Hand zwei Gewichte verglichen, so konnte noch ein Unterschied von $^1/_{40}$ erkannt werden. Doch ist bei allen diesen Versuchen

---

1) König und Brodhun, Sitz.-Ber. der Berl. Akad. 26. Juli 1888 und 27. Juni 1889.

2) Dobrowolsky, Pflüger's Archiv XII, S. 441 ff.

3) Aubert, Physiologie der Netzhaut, S. 124 ff. Chodin, Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindungen von der Lichtstärke. Jena 1877. Charpentier, Compt. rend. XCVI, p. 858, 1079. Arch. d'Ophth. 1884, p. 291.

4) Annotationes anatomicae (Progr. collecta). Prol. XII (1831). Tastsinn und Gemeingefühl S. 543 f.

auf den Einfluss der Ermüdung und anderer Fehlerquellen sowie au
Gewicht des hebenden Armes keine Rücksicht genommen[1]).

Umfangreichere Versuche über die Unterscheidung von Gewi
vermittelst der Hebung derselben auf eine bestimmte constant erha
Höhe wurden von FECHNER[2]) nach der Methode der richtigen und fals
Fälle ausgeführt. Sie ergaben bei mäßigen Gewichten eine annähe
Constanz der Unterschiedsempfindlichkeit, wogegen diese bei größeren
wichten erheblich zunahm. Auch bei diesen Versuchen bedingte je
der Einfluss des Armgewichtes einen constanten Fehler, dessen Elimin
zweifelhaft blieb. Um diesen Einfluss ganz zu vermeiden, bediente
daher MERKEL[3]) eines nach dem Princip einer Laufgewichtswage con
irten Apparates, bei welchem die Bewegung des Gewichtes durch Fi
druck erzeugt wurde[4]). Hierbei ergab die Methode der Minimaländeru
zwischen den Gewichtsgrenzen 100 und 1000 oder 200 und 2000 g
fast vollkommene Uebereinstimmung mit dem WEBER'schen Gesetze, wäh
bei kleineren Gewichten die relative Unterschiedsschwelle größer,
größeren aber kleiner gefunden wurde. Bei der Anwendung der Met
der mittleren Abstufungen fand sich auch hier in MERKEL's Versuchen
WEBER'sche Gesetz nicht bewährt, sondern die geschätzte Reizmitte
zwischen der arithmetischen und der geometrischen Mitte der Grenz
näherte sich aber mehr der ersteren. Bei allen diesen Versuchen w
übrigens Druck- und Bewegungsempfindungen zusammen, und es lässt
weder bestimmen, welchen Antheil die einen und die anderen an der r
tirenden Empfindung besitzen, noch können insbesondere die Bewegu
empfindungen in die verschiedenartigen Componenten, die in sie ein
(Gelenk-, Haut-, Muskelempfindungen), zerlegt werden. Ebenso ist
Einfluss der zeitlichen Veränderungen dieser Empfindungscompone
während der Ausführung der Bewegung nicht sicher zu bestimmen.

Die Reizschwelle für Druckgrößen suchten AUBERT und KAMM
für verschiedene Hautstellen zu bestimmen. Sie fanden dieselbe am k
sten für Stirn, Schläfen und Dorsalseite der Vorderarme und Hände, n
lich = 0,002 g. Sie stieg an der Volarseite des Vorderarms auf 0,
an Nase, Lippen, Kinn und Bauch auf 0,005, an der Volarfläche der Fi

---

1) Das nämliche gilt von Versuchen, die BIEDERMANN und LÖWIT unter HERING's
tung ausführten. Vgl. HERING, Wiener Sitzungsber. 3. Abth. LXXII, S.-A. S. 87

2) FECHNER, Elemente der Psychophysik. I, S. 190 ff.

3) MERKEL, Phil. Stud. V, S. 253 ff.

4) Aehnliche Vorrichtungen haben schon zuvor für Drucksinnmessungen in p
logischen Fällen DOHRN (Zeitschr. f. ration. Med. 3. R. X. S. 337) und BASTELB
(Experimentelle Prüfung der zur Drucksinnmessung angewandten Methoden, Stu
1879) angewandt.

5) MOLESCHOTT's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen, V. S. 145.

zwischen 0,005 und 0,015, auf den Fingernägeln und an der erreichte sie 1 g. Diese Zahlen machen es sehr wahr-dass die Variationen der Reizschwelle hier einzig und allein ke der die sensibeln Nervenendigungen bedeckenden Oberhaut

izschwelle für Bewegungen ermittelte A. GOLDSCHEIDER[1]), nter Fixirung des betreffenden Körpertheils und Freilassung egenden Gelenkes zunächst passiv durch ziehende Gewichte wegungen ausführen und auf einem rotirenden Cylinder sich riren ließ, während Druckempfindungen der Haut möglichst en waren. Es fand sich so für die empfindlichsten Gelenke lter, Mittelhand, Ellbogen) bei günstigster Geschwindigkeit eine von 0,22—0,60°, bei den unempfindlicheren Gelenken (Hüfte, rglieder, Fuß) eine solche von 0,50—1,30°. Bei activen Be-vard diese Schwelle nicht merklich verändert. Auch ist sie von der Ausgangslage.

der einfachen Messbarkeit der zur Anwendung kommenden äußern Gewichte, haben die Druck- und Bewegungsempfindungen das ersuchungsgebiet für die Ermittelung der Verhältnisse der Empfin-it gebildet. Leider aber sind sie zugleich wegen der verwickelten edingungen der Reizeinwirkung das ungünstigste. Bedient man sich lediglich als einfacher Druckreize, die auf eine ruhend fixirte awirken, so ist die Empfindung nicht bloß von der Ausdehnung igsfläche, sondern auch von der Bewegungsenergie des Gewichtes der Berührung in einer Weise abhängig, die noch der nähern bedarf. Die Bewegungsempfindungen aber sind, wie wir unten ien werden, so zusammengesetzt und zugleich mit der Geschwin-Bewegung und der Lageänderung der bewegten Glieder so sehr räumlich veränderlich, dass ihre Analyse zu den verwickeltsten problemen gehört, und daher an die Feststellung einer einigermaßen sonstigen Einflüssen freien Beziehung zwischen Empfindungs- und kaum gedacht werden kann. Es hat darum auch die Feststellung der ierhalb deren eine bestimmte Gesetzmäßigkeit nachweisbar ist, nur änkten Werth. Doch mag zur Veranschaulichung der hier statt-rhältnisse je ein Versuchsbeispiel nach einer der Hauptmethoden rden. Die Versuche nach der r- und f-Methode sind vornehmlich Interesse, weil sie die ersten sind, die FECHNER zu einer ein-perimentellen Untersuchung der Methode selbst verwerthet hat. r und Δr die frühere Bedeutung. In II bezeichnet ↑ die auf-die absteigende Reihenfolge der Versuche: dort wurde von den den größeren Gewichten übergegangen, hier umgekehrt. Unter ↑ die Zahl der Fälle $r' (= r + \frac{g}{2})$ jeder Versuchsgruppe; die Zahl

[1]) GOLDSCHEIDER, Arch. für Physiol. 1889 S. 369 ff. Suppl. S. 141 ff.

der Fälle jeder Gruppe war = 1024, die Gesammtsumme = 4096. In
verticalen Summenreihe sind alle zu einem Gewicht gehörigen r', in der h
zontalen alle zu einer Reihenfolge ↑ oder ↓ gehörigen addirt. Die bei
letzten Columnen enthalten endlich die nach S. 350 berechneten Werthe
wobei die Fälle der aufsteigenden und der absteigenden Versuchsreihen
einander combinirt sind. Die Uebereinstimmung mit dem Weber'schen Ges
ist in beiden Fällen eine viel unvollkommenere als bei den Schall- und Li
versuchen. Dies erhellt in I aus den Werthen $\frac{\varDelta r}{r}$, in II aus der nur
nähernden Constanz der bei verschiedenen Größen von P, aber gleichbleib
dem D erhaltenen Werthe von r' sowie aus der entsprechenden unvollkomme
Constanz der zu jedem D gehörigen Werthe hD[1]).

I. Methode der Minimaländerungen. (Merkel)[2]).

r	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	4
$\varDelta r$	0,206	0,316	0,600	0,910	1,480	2,8	6,4	10,8	25	57	80	[illegible]
$\frac{\varDelta r}{r}$	$\frac{1}{4,9}$	$\frac{1}{6,3}$	$\frac{1}{8,3}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{13,5}$	$\frac{1}{17,9}$	$\frac{1}{15,6}$	$\frac{1}{18,5}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{17,5}$	$\frac{1}{25}$	

1) Nicht völlig im Einklang mit diesen Ergebnissen stehen anscheinend die
fangreichen Versuche, die Fullerton und Cattell (On the Perception of small D
rences, Philadelphia 1892) theils nach andern Methoden, theils und vornehmlich
nach der Methode der mittleren Fehler über Bewegungsempfindungen ausführten,
in denen sie außer der Kraft auch die Zeit und den Umfang der Bewegung mannig
variirten. Diese Forscher substituiren nämlich auf Grund ihrer Versuche dem We
schen Gesetz die Regel, »dass der Beobachtungsfehler überall mit der Quadratwu
der zu messenden Größe zu wachsen strebe« (p. 25). Doch zeigt eine nähere Betr
tung der Versuchstechnik, dass die hier speciell in Frage kommenden Versuche ü
die Kraft der Bewegung mit den Ergebnissen anderer Beobachter wegen der v
abweichenden und complicirteren Bedingungen nicht vergleichbar sind. Die genan
Forscher bedienten sich nämlich eines Feder-Dynamometers, dessen Widerstand w
rend der Bewegung zunahm (p. 66). Es wurden also nicht in jedem Versuch z
constant bleibende Gewichte p und p', sondern zwei stetige Gewichtsänderunge
bis p_1 und p'_0 bis p'_1 mit einander verglichen. Das Analoge auf andern Sinnesgebi
würde es z. B. sein, wenn man zwei allmählich anschwellende Töne oder Lichtstär
vergleichen wollte. Es lässt sich von vornherein erwarten, dass unter so verwicke
Bedingungen abweichende Resultate gewonnen werden. Zu einer Beurtheilung
Einflusses der einzelnen hierbei mitwirkenden Factoren fehlen aber noch die erfor
lichen Unterlagen.

2) Phil. Stud. V, S. 261, Tab. VIII.

ler richtigen und falschen Fälle (Zweihändige Reihe). (FECHNER) [1].

$D = 0{,}04\ P$ ↑	$D = 0{,}04\ P$ ↓	$D = 0{,}08\ P$ ↑	$D = 0{,}08\ P$ ↓	Summe	hD: $D = 0{,}04\ P$	hD: $D = 0{,}08\ P$
612	614	714	720	2660	2023	3918
586	649	701	707	2643	1965	3705
629	667	747	753	2796	2530	4637
638	683	811	781	2913	2774	5910
661	682	828	798	2969	2966	6034
685	650	839	818	2992	3296	6520
3811	3945	4640	4577	16973	15554	30274

ıperaturempfindungen. Die Feststellung quantitativer
hat bei ihnen mit größeren Schwierigkeiten zu kämpfen als
ıem andern Sinnesgebiet. Wir empfinden weder jedes Steigen
tur als Wärme noch jedes Sinken derselben als Kälte, son-
ısgangspunkt der Temperaturempfindungen bildet die Eigen-
· Haut. Sobald eine Hautstelle über diesen ihren physiolo-
ounkt erwärmt wird, entsteht Wärmeempfindung, sobald sie
ben abgekühlt wird, Kälteempfindung. Dabei ist aber dieser
lbst nicht unveränderlich, sondern die Haut adaptirt sich bis
wissen Grade der Außentemperatur; der physiologische Null-
also in der Kälte und steigt in der Wärme [2]. Am empfind-
lie Haut für Temperaturschwankungen, die jenem Punkte nahe
. Die abweichenden Resultate, die verschiedene Beobachter
ener günstigen Temperaturgrade erhielten, sind wahrschein-
ndividuelle Abweichungen in der Lage des physiologischen
bedingt. So fand FECHNER die feinste Unterschiedsempfind-
Fingerhaut zwischen 10 und 20° R. (12—25° C.), wo dieselbe
ıben eines feinen Quecksilberthermometers nahe kam [3]. Andere
anden höhere Temperaturgrenzen für die Maximalempfindlich-
EMANN 26—39° C., NOTHNAGEL damit ziemlich übereinstimmend
und ALSBERG sogar 35—39° C. [4]. Je nach der Körperstelle

ıe der Psychophysik, I, S. 186, 193.
Grundzüge einer Theorie des Temperatursinns (Sitzungsber. der Wiener
h., LXXV), S. 8 ff.
insten von FECHNER (Psychophysik, I, S. 203) gefundenen Unterschiede
ı. E. H. WEBER (Tastsinn und Gemeingefühl, S. 554) gibt $^1/_5$—$^1/_6$° R. an.
NN, De sensu caloris Dissert. Halis 1857. NOTHNAGEL, Deutsches Archiv
cin, II, S. 284. ALSBERG, Ueber Raum- und Temperatursinn. Dissert.
DESSOIR, Arch. f. Physiol. 1892, S. 298.

ist übrigens die Temperaturempfindlichkeit eine verschiedene, und scheint hauptsächlich von der Dicke der Epidermis abzuhängen[1]. Fe fand E. H. Weber, dass sowohl die Wärme- wie die Kälteempfindung der Größe der empfindenden Fläche zunimmt, und dass Temperatur- Druckempfindung insofern in einer gewissen Wechselbeziehung ste als kalte Körper vom gleichen Gewicht schwerer zu sein scheinen warme[2]).

Alle diese Momente bedingen eine Veränderlichkeit der Tempera empfindungen, welche messende Untersuchungen über die Abhängig der Empfindungsintensität von der Reizstärke in hohem Grade erschw Die Reizstärke ist ja hier nicht allein mittelst der objectiven Temper zu messen, sondern es kommt bei ihr stets der physiologische Nullpu der Empfindungen wesentlich in Betracht, und der letztere ist in F der Adaptation, welche durch die Versuche selbst herbeigeführt w fortwährend veränderlich. Aus diesem Grunde lässt sich aus den liegenden Beobachtungen nur schließen, dass mit der Entfernung von je Nullpunkte die Unterschiedsempfindlichkeit geringer wird. Die von Fec für den Gang der Wärmeempfindungen nach der Methode der eben m lichen Unterschiede gewonnenen Zahlen stimmen zwar mit dem We schen Gesetze annähernd überein, wenn man mit Fechner die Mittelten ratur zwischen Frostkälte und Blutwärme (14,77° R.) als physiologisc Nullpunkt annimmt. Diese Annahme ist aber willkürlich, und es daher jedenfalls zur Entscheidung der Frage neue Versuche erforderl bei denen auf die Eigenwärme der Haut und die stattfindende Adapta die nöthige Rücksicht genommen wird[3]).

5) Geschmacksempfindungen. Von den Empfindungen beiden niederen chemischen Sinne gestattet höchstens der Geschmacks eine Untersuchung in Bezug auf die gegenseitigen Beziehungen der R und Empfindungsstärke. Hier fand W. Camerer in Versuchen mit Kochs und Chininlösung, die er nach der Methode der richtigen und falsc Fälle ausführte, das Weber'sche Gesetz in zureichender Annäherung bestä Als ein störender Factor der Beobachtungen, welcher daher mögli fernzuhalten war, erwies sich der Contrast verschiedener Empfindun

---

1) E. H. Weber a. a. O. S. 552. Nothnagel a. a. O.
2) Weber, ebend. S, 551, 554.
3) Auf der andern Seite ist übrigens offenbar auch auf die Angabe von We dass er bei den Temperaturen zwischen 14° R. und der Blutwärme den eben m lichen Unterschied von ungefähr gleicher absoluter Größe gefunden habe (a. a S. 554), eine Angabe, die Weber's eigenem Gesetz direct widerstreiten würde, besonderes Gewicht zu legen, da Weber's Bestimmungen nur approximative waren bei ihnen wegen der successiven Vergleichung der verschieden temperirten Flüs keiten mit dem nämlichen Finger die Nachwirkungen der Temperaturreize in ho Grade störend sein mussten.

. Bei größerer Concentrationsänderung der Lösungen soll nach
nit wachsender Concentration die Unterschiedsempfindlichkeit
nd Süß ab-, bei Salzig und Bitter dagegen zunehmen; doch
scheinlich, dass dieses Ergebniss in bleibenderen physiologi-
derungen der Geschmacksfläche seinen Grund hat[1]. Außer-
Beobachtungen über die **Reizschwelle** des Geschmackssinnes
erschiedenen schmeckbaren Stoffen vor. Hiernach ist dieselbe
en am kleinsten an der Zungenspitze; etwas weniger empfindlich
inder und Basis der Zunge, am unempfindlichsten für Ge-
e ist endlich der Zungenrücken. An jeder der empfindlichen
nen aber wieder verschiedene Endorgane eine ungleiche Reiz-
nüber den einzelnen Geschmacksstoffen zu besitzen[2]. Bestätigt
gens auch hier die bei den Licht- und Temperaturempfindungen
atsache, dass bei gleich bleibender Reizstärke die Intensität
ung zunimmt mit der Größe der gereizten Oberfläche.

icken wir hiernach die Gesammtheit der für die verschiedenen
e gemachten Ermittelungen, so lässt sich nicht verkennen, dass
überhaupt die Verhältnisse der Reizstärke und der Reizein-
zureichend exacter Weise beherrscht werden können, das
Gesetz wenigstens eine annähernde Geltung beanspruchen darf.
ten und im weitesten Umfang stimmen mit demselben die
ne überein: begrenzter ist seine Geltung für Lichtstärken,
Bewegungs- sowie für Geschmacksempfindungen, völlig unsicher
zug auf die Temperatureindrücke, während über die Geruchs-
empfindungen Untersuchungen überhaupt nicht vorliegen, auch
olche ausführbar sind. Betrachtet man dieses Ergebniss ohne
f die speciellen physiologischen Bedingungen der Reizung, so
r Ausspruch gerechtfertigt, dass das Weber'sche Gesetz eine
Geltung nicht besitze, dass es nur für gewisse Sinnesgebiete,
meisten derselben überdies nur innerhalb gewisser Grenzen
ünstiger gestaltet sich die Sache, wenn man die physiologischen
n der einzelnen Sinnesorgane in Rücksicht zieht. Dann fällt
Umstand ins Gewicht, dass gerade derjenige Sinn, bei dem
gischen Einrichtungen am genauesten den äußeren Reizen an-

ERER, Pflüger's Archiv, II, S. 322, Zeitschrift für Biologie, XXI, S. 570.
LÜGER's Archiv, II, S. 449.
L, Skandinav. Arch. f. Physiol. II, S. 46 ff. Ueber die Frage der speci-
ndlichkeit der einzelnen Endorgane des Geschmackssinns vergl. unten
eber die Empfindlichkeit des Geruchssinns vgl. einige Angaben bei
ÜGER's Arch. XL, S. 321.
MÜLLER, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 224.

gepasst sind und physiologische Transformationen der Erregung sov
Nachwirkungen derselben am wenigsten in Betracht kommen, der Gehö
sinn, auch die umfassendste Bestätigung des Gesetzes darbietet. Un
verwickelteren Bedingungen befindet sich der Gesichtssinn. Dass die I
tensität des photochemischen Processes, in welchem hier höchst wal
scheinlich die Nervenreizung besteht, der Lichtstärke annähernd proportio
sei, ist jedenfalls nur innerhalb engerer Grenzen anzunehmen. Außerd
werden durch die lange Nachdauer der Reizung, die selbst im Dunk
andauernden subjectiven Lichterscheinungen, endlich durch den Vorg
der Adaptation für wechselnde Lichtstärken die Beobachtungen so complic
dass es schwierig ist, für Reize von sehr verschiedener Stärke consta
physiologische Bedingungen herzustellen. Wird aber auf alle jene M
mente Rücksicht genommen, so ergibt sich auch hier innerhalb zieml
weiter Grenzen der Reizstärke eine große Constanz der relativen Unt
schiedsempfindlichkeit. Aehnlich dürfte bei den Temperaturversuchen
Schwierigkeit wesentlich in den Eigenschaften des Sinnesorgans zu such
sein, in der Veränderlichkeit des physiologischen Nullpunktes, den V
gängen der Adaptation, der raschen Ermüdung, welche hohe und nied
Temperaturen herbeiführen; auch führt hier die Ausführung der Versu
wegen der schwierigeren Beherrschung der Temperaturreize größere Feh
mit sich. Leichter sind diese bei der Untersuchung der Druck- und I
wegungsempfindungen zu vermeiden, obgleich es in den bisherigen Be
achtungen noch nicht vollständig geschehen ist. Die nähere Erwägu
dieser Verhältnisse führt zu dem Resultat, dass die allgemeine Gültigk
des Weber'schen Gesetzes für die Empfindungen zwar bis jetzt durch
Erfahrung nicht strenge bewiesen ist, auch schwerlich jemals für a
Sinnesgebiete zu beweisen sein wird, dass aber ebenso wenig auf Gr
der Erfahrung die Wahrscheinlichkeit seiner allgemeinen Geltung bestrit
werden kann.

In einer Beziehung ist jedoch dieses Gesetz an eine beschränke
Bedingung gebunden: es setzt die Anwendung bestimmter psycho-ph
sischer Methoden voraus, während sich bei andern Verfahrungswei
statt desselben eine annähernde Proportionalität zwischen Reiz und Emp
dung herausstellt. Als die für das Weber'sche Gesetz günstigen Metho
lernten wir die Methode der Minimaländerungen und die beiden Fehl
methoden kennen, während die mittleren Abstufungen nur dann ein
dem Gesetze übereinstimmendes Resultat ergaben, wenn der mittl
Reiz r_m unregelmäßig variirt wurde, und die Zeitlage der beiden Gre
reize r_u und r_o fortwährend wechselte. Wurde dagegen r_m in minima
Aenderungen und jeweils in einer Richtung bis zur Gewinnung
Empfindungsmitte abgestuft, so wurden die Resultate entweder unreg

oder es stellte sich innerhalb gewisser Grenzen eine ziemlich
Proportionalität zum Reize heraus. Hiernach kann die Bedingung
Eintreffen des WEBER'schen Gesetzes nicht etwa darin bestehen,
e Empfindung mit einer von ihr nur wenig verschiedenen verglichen
lenn bei den ersten der oben erwähnten Arten mittlerer Abstufungen
es sich um die Vergleichung größerer Intensitätsunterschiede. Viel-
egt der wesentliche Unterschied der für das Gesetz günstigen und
dasselbe ungünstigen Methoden nur darin, dass bei jenen der
lreiz wechselt, zu dem ein bestimmter Vergleichsreiz in
ng gebracht wird, während bei diesen der Normalreiz in einer
n Anzahl zusammengehöriger Verfahren constant bleibt. Dieser
e Unterschied weist aber auf einen entsprechenden Unterschied in
lingungen der subjectiven Vergleichung hin, der bei der Frage
er Bedeutung des WEBER'schen Gesetzes ins Gewicht fallen

hervorgehobene Unterschied in den methodischen Vorbedingungen der
ergibt sich unmittelbar aus den früheren Bemerkungen über die ein-
sychophysischen Methoden (S. 340 ff.). Bei der Methode der Minimal-
gen werden zu einer Reihe von Reizstärken r_1, r_2, r_3 . . . r_n die
üchse $\varDelta r_1$, $\varDelta r_2$, $\varDelta r_3$ . . . $\varDelta r_n$ gesucht, welche der Unterschieds-
entsprechen: hier ist also für jede einzelne Bestimmung der Normal-
u dem der minimal verschiedene Vergleichsreiz $r + \varDelta r$ gesucht wird,
erer. Analog ist dies bei der Methode der mittleren Fehler der Fall,
wie S. 347 bemerkt, mit der Bestimmung des Gleichheitspunktes bei
igen Methode nahe verwandt ist. Ebenso wird aber auch bei der
der richtigen und falschen Fälle zuerst für zwei wenig verschie-
tensitäten i und i_1, dann für ein zweites i' und i'_1 u. s. w., also
n bei wechselnden Normalreizen das Präcisionsmaß h festgestellt. Dage-
et die Methode der mittleren Abstufungen in den zwei früher (S. 345)
n Unterarten ihrer Anwendung wesentlich verschiedene Bedin-
dar. Bei stetiger Variation des mittleren Reizes bleibt während einer
Versuchsreihe der Ausgangsreiz r_1, zwischen dem und dem oberen
z r_3 ein der Empfindungsmitte entsprechender Reiz r_2 gesucht wird,
. Denn man stellt hier nach einander Versuche in der Reihenfolge
$r_1 r'' r_3$, $r_1 r''' r_3$ u. s. w. an, wo r', r'', r''' . . . minimal verschiedene
edeuten, die man so lange verändert, bis die zur Bestimmung von
lerlichen Werthe r'_u, r''_u, r'_o und r''_o (S. 345) gefunden sind. Hier
in jeder zur Bestimmung der stattfindenden Gesetzmäßigkeit ausgeführten
sreihe der Ausgangs- oder Normalreiz, mit dem alle andern verglichen
constant. Bei dem Verfahren der unregelmäßigen Variation des
en Reizes verhält sich dies wesentlich anders. Auch hier bleiben
drei Reizen r_1, r_v, r_2, die zur Feststellung eines Werthes r_m
die Grenzreize r_1 und r_2 in einer Versuchsreihe unverändert; aber es
fortwährend die Reihenfolgen r_1, r_v, r_2 und r_2, r_v, r_1. Bald ist
ald r_2 Ausgangsreiz, so dass eine constante Beziehung der Schätzungen r_v

auf einen derselben nicht eintreten wird. Uebrigens ist ersichtlich, d
hier immerhin eine gewisse Annäherung an den Fall der Constanz des A
gangsreizes stattfindet; und dies mag wohl auch die Ursache sein, dass
Ergebnisse der Methode der Minimaländerungen und der Fehlermethoden,
denen überall erst aus einer größeren Zahl bei verschiedenen Ausgangsrei
angestellter Versuche ein Resultat abgeleitet werden kann, im allgemeinen
besten dem WEBER'schen Gesetze sich fügen.

3. Bedeutung des WEBER'schen Gesetzes.

Das WEBER'sche Gesetz lässt möglicherweise drei Deutungen zu: e
physiologische, eine psychophysische und eine psychologische. Sie
haben ihre Anhänger gefunden.

Die physiologische Deutung nimmt an, dasselbe beruhe auf
eigenthümlichen Erregungsgesetzen der Nervensubstanz, indem die in
letzteren ausgelöste Erregung nicht proportional der Reizstärke, sond
langsamer anwachse, so zwar dass die Reizstärken annähernd in geo
trischer Progression zunehmen müssen, wenn die Nervenerregungen
arithmetischer zunehmen sollen. Von der Empfindung setzt man in dies
Falle voraus, sie sei der Nervenerregung direct proportional. Theils
man sich bei der Vertheidigung dieser Ansicht auf Beobachtungen gestü
theils aber bloße Wahrscheinlichkeitsgründe für dieselbe geltend gema
DEWAR und M'KENDRICK sowie F. C. MÜLLER glaubten feststellen zu könn
dass die Größe der negativen Stromesschwankung im Nerven des Frosc
bei wachsender Reizstärke in einem dem WEBER'schen Gesetze entsp
chenden Verhältnisse zunehme[1]. Da aber in ihren Versuchen eine exa
Messung der Reizintensitäten kaum möglich war, und überdies die Re
tate nur in engen Grenzen mit der gemachten Annahme übereinstimm
so würden diese Beobachtungen selbst dann keinen Schluss gestat
wenn die Voraussetzung zulässig wäre, dass die negative Schwank
der Nervenerregung proportional sei[2]). Meistens hat man denn auch
Standpunkt der physiologischen Deutung aus nicht in die peripherisc
Sinnesorgane und Nerven, sondern in die centrale Nervensubstanz
Grund jenes eigenthümlichen Wachsthums der Empfindungen verl
Hierbei weist man namentlich auf die früher (S. 102) erwähnte Thatsa
hin, dass in der grauen Substanz schwächere Reize latent werden. Hi
sieht man nicht bloß mit Recht einen zureichenden Grund für die Exist

1) DEWAR and M'KENDRICK, Transactions of the royal society of Edinburgh.
XXVII, 1874, p. 156. F. C. MÜLLER, Arch. f. Physiol. 1886, S. 270 ff. Die erst
führten am Sehnerven, MÜLLER an Muskel- und Hautnerven die Versuche aus.

2) Vgl. oben Cap. VI, S. 263 f.

welle, sondern man schließt daraus auch, dass sich jede Er-
der grauen Substanz mit abnehmender Intensität fortpflanze[1]).
diesen Erwägungen folgt jedoch immer nur, dass die Reiz-
ie sie schon für die Reflexapparate des Rückenmarks bei einem
izwerthe liegt als für den peripherischen Nerven, so für die
innesgebiete der Großhirnrinde vielleicht noch weiter ansteigen
lbst die Thatsache, dass wir bei den Reflexversuchen größere
terschiede der Reize nöthig finden als bei der Erregung mo-
erven, um gleich große Unterschiede der Zuckung hervorzu-
beweist nur eine Zunahme der absoluten Größe der Unterschieds-
ir wissen aber damit noch durchaus nicht, ob diese Größe nun
gewisser Grenzen constant oder veränderlich ist. Wären in
lle überhaupt Argumente a priori gestattet, so könnte man
mit demselben Rechte auf Grund der früher (S. 268) nachge-
ergrößerung der Reizbarkeit durch die Erregung zu der Ver-
ommen, dass die centralen Auslösungswiderstände vorzugsweise
heren Reizen sich geltend machten, um bei stärkeren allmählich
Grenze, wo die Erschöpfung ihren vorwiegenden Einfluss ge-
unehmen. In Wahrheit wissen wir über das Gesetz, nach
den Nervencentren die Erregung mit der Reizstärke wächst,
ichts, und zu Hypothesen bieten uns die bekannten Erschei-
der verwickelten Natur dieser Vorgänge keine Unterlage. Als
heinlichkeitsgrund für die physiologische Deutung wurde end-
lie durch alle Untersuchungen der physiologischen Psychologie
Vechselbeziehung des physischen und psychischen Geschehens
nacht. Man ist der Meinung, diese Beziehung sei gestört, wenn
ng unserer Empfindungen einem andern Gesetze folge als die
ler sie begleitenden centralen Erregungen. Aus der Proportio-
Empfindung und Gehirnerregung, welche als a priori noth-
ausgesetzt wird, schließt man demnach, dass jede Abweichung
eichmäßigen Wachsthum der Empfindung mit dem Reiz einen
logischen Grund haben müsse[3]). Auch diese Folgerung ist
eswegs triftig. Man beachtet bei ihr nicht, dass die Schätzung
lungsintensität ein complicirter Vorgang ist, auf welchen neben
n Sinneserregung die Wirksamkeit des Centrums der Apper-
wesentlichem Einflusse sein wird[4]). Darüber, wie die centralen

Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 233 ff.
r, Mechanik der Nerven, II, S. 19.
Ueber die physiologische Wirkung räumlich vertheilter Lichtreize (Wiener
III. Abth., LXVIII), S. 11. Hering ebend. LXXII, S. 17. S. 21.
oben Cap. V, S. 227 ff.

Sinneserregungen unabhängig von dem letzteren empfunden würden, könn
wir selbstverständlich unmittelbar nichts aussagen; auch das WEBER'sc
Gesetz bezieht sich daher nur auf die appercipirten Empfindung
und es kann demnach ebenso gut in den Vorgängen der apperceptiv
Vergleichung der Empfindung wie in der ursprünglichen Beschaffenheit
centralen Sinneserregungen seinen Grund haben.

Die psychophysische Deutung betrachtet unser Gesetz als
solches der Wechselbeziehung zwischen der körperlichen und geisti
Thätigkeit. FECHNER, der diese Auffassung zur Geltung gebracht hat, st
sich hauptsächlich auf die innere Unwahrscheinlichkeit, dass ein Verhältni
wie es im WEBER'schen Gesetz seinen Ausdruck finde, für die Fortpflanzu
körperlicher Bewegungen gelten sollte [1]. Als unterstützende Momente
trachtet er die Thatsache der Reizschwelle sowie die innerhalb gewis
Grenzen nachzuweisende Unabhängigkeit der relativen Unterschiedsempfi
lichkeit von der absoluten Empfindlichkeit, welche Unabhängigkeit er
das »Parallelgesetz zum WEBER'schen Gesetze« bezeichnet, insofern du
sie die psychophysische Deutung desselben begründet werde [2]. Was
zunächst die zwei zuletzt erwähnten Thatsachen betrifft, so wird
denselben eine Beweiskraft nicht zugestehen können. Die Reizschw
kann sehr wohl in den Eigenschaften der Nervensubstanz begründet s
ja nach den in Cap. VI mitgetheilten Erfahrungen ist sie jedenfalls z
Theil von physiologischen Bedingungen abhängig. Ebenso würde
Parallelgesetz sowohl mit einer physiologischen wie mit einer psycholo
schen Deutung vereinbar sein. Die erstere würde nur die Annahme mac
müssen, dass jede Aenderung der absoluten Empfindlichkeit innerhalb
Grenzen der Gültigkeit jenes Gesetzes mit einer proportionalen Aender
aller Reizeffecte verbunden sei, eine Annahme, die zwar noch des
weises bedarf, aber doch nicht a priori als unwahrscheinlich bezeich
werden kann [3]. Der allgemeinen Unwahrscheinlichkeit endlich, dass
physischem Gebiet ein Gesetz wie das WEBER'sche Geltung besitze, wü
nur dann ein größeres Gewicht beizumessen sein, wenn die empirisc
Bewährungen dieses Gesetz als einen exacten Ausdruck darzuthun v
möchten. Bei seiner nur approximativen empirischen Geltung bleibt a
der Verdacht nicht ausgeschlossen, es möge dasselbe nur eine zufäll
mathematische Form sein, die innerhalb gewisser Grenzen annähernd ric
die Thatsache zum Ausdruck bringt, dass die centrale Nervenerreg
langsamer wächst als der äußere Reiz. Alle diese Einwände könnten
dann in wirksamer Weise zum Schweigen gebracht werden, wenn

1) Elemente, II, S. 377. In Sachen der Psychophysik, S. 65. Revision, S. 22
2) Elemente, I, S. 300.
3) Vgl. die Ausführungen von G. E. MÜLLER a. a. O. S. 268 ff.

psychophysische Deutung mit andern Thatsachen unserer inne-
eren Erfahrung in eine innere Verbindung zu bringen. Dies
ıcipiell unmöglich, so lange man bei der psychophysischen
en bleibt, denn nach ihr ist das WEBER'sche Gesetz ein Funda-
welches nur für die Beziehungen des Aeußeren und Inneren
welches daher unmöglich weder im Gebiet der innern noch
äußern Erfahrung unterstützende Thatsachen gefunden werden

·chologische Deutung sucht das Gesetz weder aus den
en Eigenschaften der Nervensubstanz noch aus einer eigen-
Vechselwirkung des Physischen und Psychischen, sondern aus
gischen Vorgängen abzuleiten, welche bei der messenden Ver-
r Empfindungen wirksam werden. Sie bezieht also dasselbe
e Empfindungen an und für sich, sondern auf die Appercep-
, ohne welche eine quantitative Schätzung der Empfindungen
finden kann. Psychologisch lässt sich nämlich offenbar das
Gesetz auf die allgemeinere Erfahrung zurückführen, dass wir
ewusstsein kein *absolutes*, sondern nur ein *relatives* Maß
die Intensität der in ihm vorhandenen Zustände, dass wir
Zustand an einem andern messen, mit dem wir ihn zunächst
en veranlasst sind. Wir können auf diese Weise das WEBER-
als einen Specialfall eines allgemeineren *Gesetzes der Be-*
er der *Relativität unserer inneren Zustände* auffassen.
rückführung auf ein allgemeineres Gesetz, dessen Gültigkeit
andern Gebieten, namentlich bei der qualitativen Vergleichung
ungen sowie bei dem Verhältniss der Gefühle zu den Vor-
estätigt findet, liegt die wichtigste Stütze dieser Auffassung.
das WEBER'sche Gesetz nicht sowohl ein Empfindungsgesetz
erceptionsgesetz, und nur hierdurch wird es begreiflich,
eltung über das Gebiet der Empfindungsstärken hinausreicht[1].
ersichtlich, dass dasselbe mit der Annahme, die Empfindung
chse innerhalb der Grenzen seiner Gültigkeit nach demselben
hernder Proportionalität wie die centrale Sinneserregung, nicht
Viderspruch steht, denn es bezieht sich ja gar nicht direct auf
ungen selbst, sondern erst auf die apperceptiven Processe,
h die Empfindungen ausgelöst werden. Die psychologische
tet darum auch den Vorzug dar, dass sie eine gleichzeitige
e Erklärung nicht ausschließt, während jede der vorange-
utungen nur eine einseitige Erklärung zulässt. Dabei ist frei-

Phil. Stud., II, S. 1 ff.

lich zu bemerken, dass unsere Kenntniss der centralen Innervation
gänge noch zu mangelhaft ist, als dass sie einer solchen Erklärun
erforderlichen empirischen Unterlagen bieten könnte.

Von entscheidender Bedeutung für die Wahl zwischen diesen
Auffassungen dürfte schließlich die Thatsache sein, dass unter bestin
Versuchsbedingungen nicht das WEBER'sche Gesetz, sondern eine annäh
Proportionalität zwischen Empfindung und Reiz zur Beobachtung k
und dass diese Bedingungen im allgemeinen solche sind, bei dene
mit einander verglichenen Empfindungen auf eine und dieselbe No
empfindung zurückbezogen werden können (S. 389). Ein derartiges N
einanderbestehen **zweier** Gesetzmäßigkeiten ist nun an und für sic
der physiologischen wie mit der psychophysischen Deutung gleich unverei
dagegen ist es vom Standpunkte der psychologischen Interpretion aus
kommen begreiflich, da die Existenz verschiedener Gesetze hier mit
Unterschied der **relativen** und der **absoluten** Schätzung der Em
dungen zusammenfällt, von denen je nach den besonderen Beding
der Beobachtung entweder die erste oder die zweite eintreten
Speciell bei der Methode der mittleren Abstufungen, bei der
Schätzungen neben einander vorkommen können, wird die erste
relative, dann eintreten, wenn vermöge der gewählten Methode die
gleichung der drei Reize r_1, r_2, r_3 derart stattfindet, dass die den
intervallen $r_1\,r_2$ und $r_2\,r_3$ entsprechenden Empfindungsstrecken
einander verglichen werden: dann erscheinen beide Strecken ein
gleich, wenn $\frac{r_2}{r_1} = \frac{r_3}{r_2}$ ist. Dagegen wird die absolute Schätzung b
zugt sein, wenn die **Theilstrecke** $r_1\,r_2$ mit der **ganzen** St
$r_1\,r_3$ verglichen wird. Es wird dann r_2 in der Mitte zu liegen sche
sobald $r_1\,r_2 = \frac{1}{2}\,r_1\,r_3$ ist. Es ist klar, dass die Bedingung zur ersten
ser Schätzungsweisen mehr bei der abwechselnd von r_1 und r_3 ausgeh
unregelmäßigen Variation des mittleren Reizes, die Bedingung zur zw
bei der einen und denselben Ausgangsreiz festhaltenden Abstufung
mittleren Reizes nach minimalen Unterschieden verwirklicht sein
Physiologisch wird aber aus diesen Verhältnissen zu schließen
dass die Erregung in den unmittelbaren Sinnescentren innerhalb
Grenzen der Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes der Stärke des äu
Reizes proportional geht, während die Maßbeziehung der Erregung
in physiologischer Hinsicht auf einem zusammengesetzten Vorgang b
bei dem der Einfluss übergeordneter Centraltheile mitwirkt.

In den kritischen Erörterungen über das WEBER'sche Gesetz trat im G
satze zu der von FECHNER geltend gemachten psychophysischen Deutu
allgemeinen die Neigung zu einer rein physiologischen Erklärung hervor,

stens aus dem richtigen Vordersatze, jede psychologische Thatsache
serer sinnlichen Vorstellungen müsse eine physiologische Grund-
len unrichtigen Schluss zog, eine psychologische Deutung werde
allen Umständen hinfällig. Bei dem unvollkommenen Zustande
siologie sind wir nicht selten in der Lage die psychologische For-
sser Gesetze zu kennen, deren physiologische Bedeutung noch im
oder dem Gebiet der Hypothese angehört. Die sogenannten Asso-
bieten hierfür, wie wir später sehen werden, einen augenfälligen
selten wurde aber bei dieser Polemik nicht bloß die Deutung
ien Gesetzes sondern dieses selbst angegriffen, indem man ent-
ERING, seine Richtigkeit ganz leugnete oder, wie AUBERT, DEL-
R u. A., nur eine approximative Geltung für dasselbe zugestand.
te, zu einer richtigen Auffassung der wirklichen Dinge sei noth-
Proportionalität zwischen unsern Empfindungen und den Reizen
uch lehre die Erfahrung, dass z. B. der Unterschied zwischen 5 und
er geschätzt werde als derjenige zwischen 5 und 10 Loth. Hier
gelassen, dass bei der Beurtheilung der **absoluten** Reizstärken
ich nur die Association mit früheren Erfahrungen maßgebend sein
überhaupt nur aus der Erfahrung von den absoluten Reizstärken,
mten Empfindungen entsprechen, etwas wissen können. Durch
en wir gelernt, dass ein starkes Gewicht viel mehr als ein
ndert werden muss, um eine eben merkliche Aenderung der Em-
rzubringen; diese letztere beziehen wir daher sofort auf absolut
Gewichtszunahmen. Es ist klar, dass solche Associationen über
Größe der Empfindungen nichts entscheiden. Unter Voraussetzung
des WEBER'schen Gesetzes für die Unterschiedsschwelle ist dann
NTANO[2]) und LANGER[3]) sowie auch von HERING[4]) geltend ge-
, dass **eben merkliche** Unterschiede der Empfindung nicht
leich große Aenderungen seien, und dass daher durch die
die sich das Gesetz stützt, die wirkliche Beziehung zwischen
d Reiz nicht festgestellt werde. Nun wurde oben bemerkt, dass
e Gesetz auf etwas anderes als auf unsere **Schätzung** der
d. h. eben auf die Bestimmung des Grades der Merklichkeit
h unmöglich beziehen kann, weil wir darüber, wie sich die
unabhängig von unserer Apperception verhalten, überhaupt nichts
mögen. Dieser Einwand trifft also namentlich die psychologische
nicht, da dieselbe gerade für den Vorgang der vergleichenden
Empfindungen das WEBER'sche Gesetz in Anspruch nimmt. Aehn-
s sich mit einem Einwand, welchen G. E. MÜLLER[5]) gegen jede
gische Deutung geltend gemacht hat. Derselbe besteht darin, dass
Verschiedenheit der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, wie
iedene Sinnesgebiete und zuweilen sogar für ein einziges, z. B.

S. 22, 24. Eine kritische Beleuchtung der Streitpunkte zwischen FECHNER
n seinem eigenen, weiter unten zu erörternden Standpunkte aus gibt
e philosophique dirigée par TH. RIBOT, III, 1877, p. 225.
gie auf empirischer Grundlage, S. 88.
ndlagen der Psychophysik. Jena 1876, S. 14. Psychophysische Streitfragen.
4) A. a. O. S. 18.
ndlegung der Psychophysik, S. 246 f.

bei den Farbenempfindungen, gefunden wurde, zwar für die physiolo
Auffassung aus der Verschiedenheit der einzelnen Sinnessubstanzen begr
werde, während man dagegen bei der psychophysischen Auffassung eine
stante Unterschiedsempfindlichkeit erwarten müsste. Auch dieser Gesicht
hätte eine Berechtigung, wenn es sich hier um eine Constante handelte
sich etwa allgemein auf die Umwandlung des physischen in einen psych
Vorgang bezöge. Für die psychologische Deutung ist dies aber nicht im
desten der Fall. Sie lässt es vollkommen begreiflich erscheinen, dass
apperceptive Vergleichung nicht bloß von dem Zustand des Bewusstseins
dern auch von der Beschaffenheit der centralen Sinneserregungen abhäng
Insofern die psychologische eine physiologische Deutung nicht ausschließt,
die physische Grundlage dieses Unterschieds etwa darin gesucht werden k
dass die Erregbarkeit des Apperceptionsorgans gegenüber den verschie
Sinneseindrücken von variabler Größe sei.

Auf der andern Seite sind zu Gunsten einer psychophysischen oder p
logischen Deutung des WEBER'schen Gesetzes zunächst die directen E
lungen über die Abhängigkeit der Muskelzuckungen von der Stärke mome
Reize angeführt worden. Nach den Versuchen von FICK wachsen nämli
Hubhöhen des Muskels innerhalb ziemlich weiter Grenzen proportional den
stärken[1]. Nun wird allerdings hierbei die Größe der Nervenerregung
direct gemessen; bei der Einfachheit der gefundenen Beziehung ist jedo
Annahme wahrscheinlich, dass die Nervenerregung der Reizstärke und die M
zuckung wiederum der Nervenerregung innerhalb gewisser Grenzen propo
gehe[2]. Für die centralen Sinneserregungen ist damit freilich noch nich
wiesen, wenn auch aus den Verhältnissen der peripherischen Nervenr
jedenfalls keinerlei Argumente für die physiologische Deutung entno
werden können. Dieser Umstand hat aber deshalb einige Bedeutung, wei
oben bemerkt, in den allgemeinen Eigenschaften der centralen Nervensu
keine Anhaltspunkte gegeben sind, die der Annahme einer innerhalb ge
Grenzen bestehenden Proportionalität zwischen centraler Sinneserregung
peripherischer Reizung einen Widerspruch entgegensetzen. Entscheidende
für diese Proportionalität, wie oben geltend gemacht wurde, die von
MERKEL gefundene Thatsache ein, dass bei der Vergleichung nach der M
der mittleren Abstufungen unter gewissen Bedingungen das WEBER'sche
nicht gilt, sondern Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung beobachte

Die psychophysische Deutung FECHNER's glaubte ich schon vor lang
durch eine psychologische Auffassung des WEBER'schen Gesetzes ersetz
müssen, da mir die Frage, ob der Ausdruck dieses Gesetzes auf irgen
allgemeinere Erfahrung zurückgeführt werden könne, von entscheidende
wichte zu sein schien. Eine solche Erfahrung ist aber in der durchge
sich bestätigenden Relativität der psychischen Zustände gegeben[3]. Verw
Ansichten wurden von DELBOEUF[4], SCHNEIDER[5], UEBERHORST[6] und ZE

1) FICK, Untersuchungen über elektrische Reizung. Braunschweig 1869.
2) Anderer Ansicht ist freilich HERMANN, Handb. der Physiol. I, 1, S. 107 ff.
3) Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 1. Aufl. I. (1863), S.
2. Aufl. (1892) S. 65 ff. 4) Théorie générale de la sensibilité. p. 28. Bruxelle
5) Die Unterscheidung. Analyse, Entstehung und Entwicklung derselben.
1877, S. 8 ff. 6) Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung. Göttingen 1876, S.
7) ZELLER, Abhandl. der Berliner Akademie, 3. März 1886. Vgl. hierzu mei
merkungen, Phil. Stud. I, S. 251 ff.

n jedoch die beiden erstgenannten Autoren weiterhin annehmen, ıfindung, die nicht in irgend einem Contrast zu andern ıpfindungen stehe, überhaupt nicht appercipirt werden könne, · Vermuthung eine empirische Bestätigung nicht zur Seite stehen. psychologische Auffassung im Sinne des allgemeinen Relativi- t sodann A. GROTENFELT[1]) ein, wobei jedoch derselbe den Ver- ·hzeitigen physiologischen Interpretation des WEBER'schen Gesetzes dem er das letztere als einen directen Ausdruck der Veränderungen ;sintensität bei veränderlichem Reize betrachtete. Seine Ausfüh- ·iederum von MERKEL[2]) bekämpft worden, der ebensowohl die einer doppelten Interpretation wie auf Grund seiner Versuche lität zwischen Empfindung und Reiz betonte. In seiner letzten ıandelnden Abhandlung hat endlich FECHNER[3]) zugestanden, dass Gesetz an und für sich einer doppelten Auslegung fähig sei. ı, der Unterschiedshypothese, entspreche einem constanten ein constanter Empfindungsunterschied; nach der andern, isshypothese, entspreche dem constanten Reizverhältniss ein ıfindungsverhältniss. Die psychophysische Deutung FECHNER's ig zur Unterschiedshypothese; ebenso die einseitig physiologische er gewöhnlichen Form. Dagegen kann die psychologische Deu- ·mständen die eine oder die andere Hypothese bevorzugen. Geht rwägung aus, dass es sich bei der Vergleichung von Empfindungen ı appercipirte Empfindungen handelt, und dass unabhängig · Apperception verbundenen Vorgängen der Beziehung und Verglei- Empfindungen in ihrer Intensität gemessen werden können, so WEBER'sche Gesetz als der unmittelbare Ausdruck für die gesetz- ng zwischen Reiz und appercipirter Empfindung auffassen. e der appercipirten Empfindungen werden dann, sobald sie gleich en, als Unterschiede von gleicher absoluter Größe betrachtet . In diesem Sinne habe ich selbst früher, so lange das WEBER- s der einzige empirisch festzustellende Ausdruck der Beziehung ınd Empfindung galt, an der Unterschiedshypothese festgehalten[4]). ·h namentlich die Untersuchungen von MERKEL gezeigt haben, vissen Bedingungen an die Stelle des WEBER'schen Gesetzes ein Wachsthum der appercipirten Empfindung mit dem Reize treten mir, wie ich schon in der vorigen Auflage dieses Werkes an- Verhältnisshypothese den Vorzug zu verdienen, da sie es sdruck bringt, dass das WEBER'sche Gesetz auf der relativen Empfindungsstärken beruht. Uebrigens ist es selbstverständlich, len Fällen, wo statt des WEBER'schen Gesetzes eine annähernde zu beobachten ist, überall nur eine Beziehung zwischen Reiz pirter Empfindung festgestellt werden kann, und dass also le eine Proportionalität zwischen dem Reiz und der nicht-apper-



ʀ'sche Gesetz und die psychische Relativität. Helsingfors 1888. S. 71 ff.
d. V, S. 245 ff.
d. V, S. 161 ff.
d. II, S. 1 ff.

cipirten (von den Vorgängen vergleichender Beziehung unabhängig gedac
Empfindung niemals direct beweisen können. Da aber alle Bedingungen
geeignet sind die relative in eine **absolute**, auf vorangegangene festere
innerungsbilder gestützte Größenschätzung zu verwandeln, zugleich ein Ve
niss der Proportionalität herzustellen streben, so wird dadurch **indirect**
die Annahme einer Proportionalität zwischen dem Reiz und der reinen Em
dung wahrscheinlich gemacht; denn es ist begreiflich, wie aus dieser einfac
Gesetzmäßigkeit durch den Einfluss der apperceptiven Vergleichung eine zu
mengesetztere (die des WEBER'schen Gesetzes), nicht aber, wie umge
jene einfache aus irgend einer andern hervorgehen kann. Offenbar emp
daher durch diese Annahme hier wiederum die psychologische Deutung
WEBER'schen Gesetzes eine Stütze. Denn das Relativitätsprincip, als d
Ausdruck wir das letztere betrachten, hat nur dann einen verständlichen
wenn wir annehmen, dass unmittelbar nicht die Reize, sondern die **Emp
dungsgrößen** im Verhältniss zu einander gemessen werden, da ja die
selbst nur vermittelst dieser Empfindungsgrößen unserm Bewusstsein ge
sind. Auf diese Weise schließt die psychologische Deutung des WEBER's
Gesetzes eigentlich an und für sich schon die Annahme einer Proportion
zwischen dem Reiz und der reinen, von den Apperctionsvorgängen unabh
gedachten Empfindung in sich.

Dass diese psychologische Deutung keineswegs eine physiologische
schließt, ist übrigens schon daraus ersichtlich, dass den apperceptiven Proc
überhaupt, wie früher (Cap. V, S. 227 ff.) ausgeführt, bestimmte physiolog
Vorgänge entsprechen müssen. Bei unserer gegenwärtigen Unkenntniss d
Vorgänge sind hier freilich nur unsichere Hypothesen möglich. In dem f
benutzten hypothetischen Schema Fig. 71 (S. 231) würden in diesem Fal
die Centren *SC*, *HC*, *AC* in Betracht kommen. Nehmen wir nun an, in e
Sinnescentrum *SC* wachse die Intensität der Erregung innerhalb der Gre
der Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes proportional der Reizstärke, so
eine Vergleichung von Empfindungen verschiedener Intensitäten *a*, *b*, *c*
erst möglich werden durch die auf den Wegen *la*, *lb*, *lc* . . . zugelei
apperceptiven Erregungen; diese werden aber ausgelöst durch Erregu
welche auf centripetalen Bahnen *ss'*, *hh'* dem Centrum *AC* zugeleitet we
Auch von den letzteren wollen wir voraussetzen, dass sie innerhalb der
lichen Grenzen den Reizstärken proportional seien. Nun wird 1) eine Erre
a eine gewisse Stärke besitzen müssen, bis der zugehörige Apperceptions
das Centrum *AC* zur Miterregung bringt und eine centrifugale Innervatio
auslöst, oder, psychologisch ausgedrückt, bis die Empfindung die Aufmerksa
erregt; diese Minimalgröße der Erregung in *AC* ist ein Schwellenwerth, den
im Unterschied von der der Minimalerregung in *SC* entsprechenden **Bewu
seinsschwelle** des Reizes, als dessen **Aufmerksamkeitsschwe**
bezeichnen können; 2) wird gemäß den später zu erörternden psycho
schen Verhältnissen der Apperception die Voraussetzung gemacht we
können, dass jede in *AC* ausgelöste centrifugale Erregung nicht bloß von
Stärke der auslösenden Reize sondern auch von der Intensität der in *AC* s
vorhandenen Erregungen abhängig ist. Letztere Annahme wird hier durc
psychologische Thatsache nahe gelegt, dass die Thätigkeit der Apperce
stets eine eng begrenzte ist, so dass namentlich bei großer Aufmerksamkei
sehr wenige Vorstellungen gleichzeitig erfasst werden können. Die einfa

einer solchen doppelten Abhängigkeit würde nun die sein, dass
centrifugale Erregung proportional der Stärke des auslösenden
, und dass sie zugleich derjenigen Erregungsgröße, die ein unmit-
gangener oder auch ein gleichzeitiger Reiz von übereinstimmender
ualität im Apperceptionsorgan zurückgelassen hat, umgekehrt pro-
Es wird dann also, wenn wir den auslösenden Reiz mit R, den
onscentrum andauernden mit c bezeichnen, die in AC ausgelöste
roportional $\frac{R}{c}$ sein. Dies vorausgesetzt sind nun zwei Fälle
lie restirende Apperceptionserregung c bleibt in einer Reihe von
constant, während R wechselt; dann besteht Proportionalität
nd R, d. h. die Stärke des Reizes wird als direct proportional
r centralen Sinneserregung appercipirt; 2) die restirende Apper-
ng wechselt, indem sie jedesmal selbst proportional dem einwir-
ist. Bezeichnen wir mit a eine von der Beschaffenheit des
rgans und den besonderen Bedingungen der Beobachtung abhän-
Größe, so ist also jetzt $c = aR$ oder E proportional $\frac{R}{aR}$, und
kleiner Zuwachs dE der Erregung E wird demzufolge dem Quo-
oportional sein. Diese Beziehung $dE = \frac{dR}{aR}$ oder, wenn wir mit
eue Constante bezeichnen, $dE = C\frac{dR}{R}$ ist es aber, die wir unten
en mathematischen Ausdruck des Weber'schen Gesetzes kennen
[1]).

ematischer Ausdruck des Beziehungsgesetzes.

wir die Bedeutung des Weber'schen Gesetzes darin gefunden
dasselbe ein allgemeines Gesetz der Beziehung darstellt,
hematische Formulirung, die wir ihm geben, wesentlich nach
logischen Deutung sich richten müssen. Wir werden darum
en können von den je nach dem Sinnesgebiet wechselnden
von jenem Gesetze, die höchst wahrscheinlich in den ver-
hysiologischen Bedingungen der Sinneserregung ihre Quelle
eine gleichfalls in dem Wesen der Apperception der Empfin-
ündete Erscheinung wird dagegen die Thatsache der Reiz-

ich der näheren Darlegung der Apperceptionsvorgänge ist der vierte
ergleichen. Hier sei nur betont, dass die den Apperceptionsvorgang
egung nicht der Sinneserregung gleichgesetzt oder als eine einfache
rselben aufgefasst werden darf. Die Apperception erhöht die Klarheit
t eines bereits vorhandenen Eindrucks, aber sie vermag in der Regel
nur unwesentlich den Eindruck selbst zu verstärken: die intensivere
ines Reizes bleibt also stets ein anderer Vorgang als die Apperception
en Reizes. Insbesondere die von AC aus den Sinnescentren zugeführten
regungen werden daher in diesen nicht oder doch höchstens secundär
en, sondern zunächst andere Veränderungen hervorbringen, und zwar
Hemmungswirkungen, welche den Zufluss anderer Reize zu AC ver-
unten Cap. XV, 2.)

schwelle anzusehen sein, wenn auch auf die Größe der Schwelle, so man sie nur für den äußeren Reiz, nicht in Bezug auf die centrale Sinn erregung bestimmen kann, die Leitungsverhältnisse gleichzeitig von Einf sind. Um dem Gesetz seine psychologische Bedeutung zu wahren, kön wir nun aber **die centralen Sinneserregungen selbst als stattfindenden Reize ansehen.** Dann hat der Begriff der Reizschw die psychophysische Bedeutung, dass es Reize gibt, welche zwar cent Sinneserregung und demzufolge Empfindung, nicht aber den central Vorgang der Apperception auslösen, und die Reizschwelle entspricht jenigen Erregungs- und Empfindungsgröße, bei der die Empfindung gefasst werden kann. Die Reizschwelle in diesem Sinne, als untere Gr der Apperception, ist, wie die Beobachtung lehrt, eine höchst veränderl Größe; sie kann nur durch einen möglichst unveränderlichen Zustand Aufmerksamkeit annähernd constant erhalten werden. Tragen wir d gemäß die Merklichkeitsgrade der Empfindung auf eine Abscissenlinie deren Ordinaten die zugehörigen Sinneserregungen bezeichnen, so einer Ordinate a von bestimmter Größe, der Reizschwelle, der Nullp der Abscissen entsprechen, und alle Werthe der letzteren, welche wachsenden Ordinaten jenseits a zugehören, werden als positive, Werthe, welche den abnehmenden Ordinaten diesseits der Schwelle a gehören, werden als negative bezeichnet werden können, wobei die n tive Größe selbstverständlich nicht einen Vorgang bezeichnet, der zu positiv merklichen Empfindung in irgend einem conträren Gegensatz stü wie etwa die Empfindung Kalt zur Empfindung Warm, sondern ledi die Entfernung messen soll, in welcher eine Empfindung von der Gr der Merklichkeit sich befindet. Da man sich von dieser Grenze nach entgegengesetzten Richtungen entfernen kann, so hat die Anwendung positiven und negativen Bezeichnung hier die nämliche Berechtigung für die Darstellung entgegengesetzter Richtungen im Raume, die von ei bestimmten Punkte aus gemessen werden sollen.

Hinsichtlich der positiven d. h. übermerklichen Empfindungswe sagt nun das Weber'sche Gesetz aus, dass bei ihnen die Größe der r **tiven** Unterschiedsempfindlichkeit in Bezug auf die zugehörigen Reizwe constant bleibt. Bezeichnen wir demnach den Zuwachs, der zu e centralen Sinneserregung R hinzukommen muss, um eine eben merkl oder gleich merkliche Aenderung der Empfindung zu bewirken, mit diese Aenderung selber mit k, so ist

$$k = C \frac{\Delta R}{R},$$

worin C eine constante Größe bedeutet und k ebenfalls für die verschie sten Werthe von R als constant vorausgesetzt werden muss. Denken

s Gesetz geometrisch zu veranschaulichen, die verschiedenen stufen von der Größe k auf eine Abscissenlinie aufgetragen, ser senkrechte Ordinaten errichtet, deren Größen den zugegungsstärken proportional sind, so wird eine der Erregung R e Empfindung E als bestehend aus einer gewissen Anzahl n lichkeitsgrade von der $\frac{E}{n}$ betrachtet werden 114). Bezeichnen wir izschwelle oder dem 0 entsprechende Reiz- a, die darauf folcessiv den Abscissen- $2k$, $3k$ . . . entspre- b, c, d . . ., so sagt eziehungsgesetz, dass wüchsen k immer dasltniss der Ordinaten, nen jeder Theil k einist, entspreche. Es ist $= \frac{c}{b} = \frac{d}{c}$ . . . ein

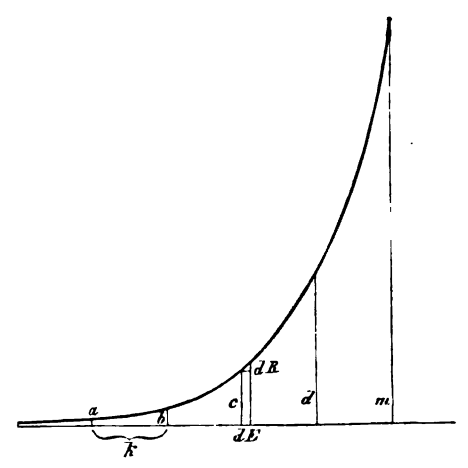


Fig. 114.

Verhältniss, und die auf einander folgenden Ordinaten bilden he:

$$a,\ b,\ \frac{b^2}{a},\ \frac{b^3}{a^2}\ \ldots\ \frac{b^n}{a^{n-1}},$$

Ordinate für den Abscissenwerth 0 und $\frac{b^n}{a^{n-1}}$ dieselbe für den erth $nk = E$ ist, zu welcher R als Ordinate gehört. Führt Werth $\frac{b^n}{a^{n-1}}$ der Ordinate R für n den Werth $\frac{E}{k}$ ein, so ergibt gemeine Beziehung zwischen den Abscissen und Ordinaten der Gleichung

$$R = a \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{E}{k}}$$

man die Reizschwelle $a = 1$ setzt,

$$R^k = b^E,$$

s die Beziehung

$$E = k\,\frac{log.\ nat.\ R}{log.\ nat.\ b}.$$

Größe b, ebenso wie a, constant ist, so lässt sich $\frac{R}{log.\ nat.\ b} = C$

setzen, wo C eine Constante bedeutet, und demnach dem Gesetze schließlich die Form geben:

$$E = C \; log.\, nat.\, R\,,$$

oder in Worten: die Merklichkeit einer Empfindung wächst proportional dem Logarithmus der centralen Sinneserregung und, insofern die letztere direct proportional dem äußeren Reiz ist, zugleich proportional dem Logarithmus des äusseren Reizes. Hierbei ist zu beachten, dass der Einfachheit wegen als Einheit des Reizes die Größe der Reizschwelle angenommen wurde; für $R = 1$ wird daher $E = 0$, d. h. die Empfindung erreicht ihren Grenzwerth zwischen dem Ueber- und Untermerklichen. Wird R kleiner als 1, so wird E negativ, da die Logarithmen von Bruchzahlen negative Werthe sind, und durch die Größe dieser negativen Werthe wird nun die Entfernung der Empfindung von jener der Reizschwelle entsprechenden Grenze oder der Grad ihrer Untermerklichkeit gemessen, ähnlich wie durch die positiven Werthe der Grad ihrer Uebermerklichkeit.

Im Anschluss an die für das Weber'sche Gesetz aufgestellte Beziehung $k = C\frac{\varDelta R}{R}$ lässt sich die zuletzt gegebene Formel noch auf anderem Wege ableiten. Setzen wir nämlich voraus, dass jene Beziehung auch für unendlich kleine Merklichkeitsgrade der Empfindung und für unendlich kleine Reizunterschiede gültig sei, so verwandelt sich k in die Differentialgröße dE und ebenso $\varDelta R$ in dR, und man gewinnt so die Differentialgleichung

$$dE = C\frac{dR}{R}\,,$$

welche von Fechner als die psychophysische Fundamentalformel bezeichnet wurde. Diese ergibt durch eine einfache Integration die Gleichung:

$$E = C \; log.\; nat.\; R + A\,,$$

worin die Integrationsconstante A sich dadurch bestimmt, dass für den Schwellenwerth a des Reizes $E = 0$ wird, woraus folgt

$$0 = C \; log.\; nat.\; a + A\,,$$
$$A = -\,C \; log.\; nat.\; a\,,$$

also, wenn man diesen Werth in die erste Gleichung einsetzt,

$$E = C\,(log.\; nat.\; R - log.\; nat.\; a)\,,$$

oder, wenn man wie oben $a = 1$ setzt,

$$E = C \; log.\; nat.\; R.$$

Diese Gleichung ist von Fechner die psychophysische Maßformel genannt worden.

Die logarithmische Linie (Fig. 114) stellt die Beziehung zwischen E und R

durch die Curve das Wachsthum des Reizes versinnlicht wird,
hen Zuwüchsen von E entspricht. Wählt man den umgekehrten
man das gleichen Zuwüchsen von R entsprechende Wachsthum
eine Curve versinnlicht, so erhält man die in Fig. 115 dargestellte
einem Punkte a, der Reizschwelle, sich über die Abscissenlinie
ei einem Punkte m, der Reizhöhe, das Maximum erreicht. Links
sich die Curve unter die Abscissenlinie, um sich der Ordinaten-
ptotisch zu nähern. Die Beziehung zwischen dem Reiz und der
der Empfindung stellt sich daher nach dieser Curve so dar, dass
he null die Empfindung unendlich tief unter der Reizschwelle
mit wachsender Größe des Reizes die Empfindungen allmählich
immer noch negative, d. h. unmerkliche Werthe annehmen, um
eizschwelle a null zu werden: sie treten jetzt über die Schwelle,
iter wachsendem Reize in positive, d. h. merkliche Größen über,
in Grenzwerth m des Reizes erreicht wird, wo weitere endliche
selben keine merkliche Steigerung der Empfindung mehr bewirken.
graphische Versinnlichung von selbst darauf, dass die unter der
gelegenen Empfindungen als **negative** Größen darzustellen sind,
hr wachsen, je
von der Schwelle
dem Reize null
große negative
ntspricht, d. h.
die unmerklicher
dere. Dass auf
eite nicht auch
unendlich große
e erreicht, liegt
Voraussetzung
Gesetz ihres
sondern in den
siologischen Be-
Reizempfänglich-

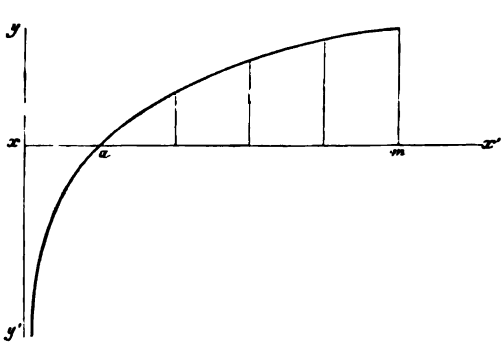


Fig. 115.

, welche die oberen Abweichungen herbeiführen. Die Empfindung
immer langsamer, aber wäre man im Stande die Nervenerregung
te zu steigern, so würde auch die Merklichkeit der Empfindung
e wachsen. Immerhin liegt die Thatsache der Reizhöhe insofern
n dem allgemeinen Gesetz angedeutet, als von einer gewissen
jeder endlichen Steigerung des Reizes nur noch eine unendlich
e der Empfindung correspondirt.

en oben erwähnten drei Fundamentalwerthen des Reizes, dem
llen- und Höhenwerth, lässt sich noch ein **vierter** aufstellen,
r Form des Weber'schen Gesetzes seinen Grund hat und wahr-
gewisse Eigenthümlichkeiten der Empfindung von Wichtigkeit wird.
r nämlich die in der Fundamentalformel gegebene allgemeinste
Gesetzes, so drückt dieselbe augenscheinlich nicht bloß aus, dass
n Empfindungsumfang jede unendlich kleine Aenderung der Em-
ortional ist dem Verhältnisse $\frac{dR}{R}$, sondern auch, dass, so lange

sich die Reizgröße R nicht merklich ändert, die unendlich kleine Empfindu
änderung dE der unendlich kleinen Reizänderung dR proportional bleibt.
andern Worten: so lange der Reiz wenig sich ändert, kann die Funct
beziehung zwischen Empfindungs- und Reizänderung als eine lineare betra
werden, was in der graphischen Versinnlichung sich darin zu erkennen
dass jedes kleinste Stück der Curven Fig. 114 oder Fig. 115 als Theil
geraden Linie angesehen werden kann. Nun erkennt man aber sogleich,
die Richtungsänderung im Verhältniss zur Steilheit des Ansteigens an vers
denen Punkten eine sehr verschiedene Geschwindigkeit hat. Diejenige S
welche die geringste relative Geschwindigkeit der Richtungsänderung
liegt offenbar in beiden Curven etwas nach rechts von a; hier kann das
hältnissmäßig größte Stück der Curve als eine gerade Linie betrachtet we
welche, wenn man sie verlängert denkt, in nicht zu weiter Entfernun
Abscissenaxe schneidet. In diesem Theil der Curve kann also dR verhält
mäßig die größten Werthe erreichen, ohne dass dE aufhört proportion
wachsen. Die diesem ausgezeichneten Punkt entsprechende Reizgröße ne
wir mit FECHNER[1]) den Cardinalwerth des Reizes. Da bei a die Em
dung rascher, bei m aber langsamer wächst als der Reiz, so muss der
Cardinalwerth entsprechende Punkt der Curve zwischen diesen beiden Ver
stücken liegen: denn die Grenze zwischen dem langsameren und dem sc
leren ist eben das proportionale Wachsthum. Man findet diesen Car
werth, indem man durch Rechnung denjenigen Punkt der logarithmischen
bestimmt, für welchen das Verhältniss $\frac{E}{R}$ ein Maximum ist[2]). Auf diese
ergibt sich, dass der Cardinalwerth des Reizes $= e$, gleich der Grundzah
natürlichen Logarithmen ist, wenn man den Schwellenwerth des Reizes
setzt. Wenn also der Reiz das 2,7183..fache seines Schwellenwerthes be
so wächst die Apperception der Empfindung der Reizstärke proportional.
scheinlich hat der Cardinalwerth für die Verwerthung der Empfindungen
Erkenntniss objectiver Eindrücke eine gewisse Bedeutung, da die Abstufun
Reize innerhalb derjenigen Grenzen, in denen die Empfindung dem Reiz
nähernd proportional geschätzt wird, am genauesten aufgefasst werden mu

Mehrfach ist in neuerer Zeit das oben aufgestellte logarithmische G
gesetz bestritten worden, wobei jedoch die Verbesserungsvorschläge der
greifenden selbst sehr weit aus einander gingen. Das Missverständniss, als
die Empfindung an und für sich, unabhängig von jeder apperceptiven
gleichung festgestellt werden sollte oder könnte, spielt hierbei wiederum
große Rolle; wir haben, um dasselbe möglichst fern zu halten, oben die
ziehung zwischen R und E ausdrücklich als eine solche zwischen der Erreg
stärke und dem Merklichkeitsgrad der Empfindung bezeichnet, wä
zugleich unter der Erregung zunächst nicht der äußere Reiz oder die von
erzeugte peripherische Sinneserregung, sondern die centrale Sinnese
gung verstanden wurde, für die der äußere Reiz nur insoweit subs
werden kann, als innerhalb gewisser Grenzen eine Proportionalität zwi
ihm und der centralen Sinneserregung vorausgesetzt werden darf. Die

1) Elemente der Psychophysik, II, S. 49.
2) Nach bekannten Regeln der Differentialrechnung ist diese Bedingung dan
füllt, wenn das entsprechende Differentialverhältniss $d\frac{E}{R}$ oder $d\frac{\log. R}{R} = 0$ ist.

es Gesichtspunktes bietet zugleich den Vortheil dar, dass die mathe-
'ormulirungen des WEBER'schen Gesetzes von dem oben (S. 397)
Gegensatz der Unterschieds- und der Verhältnisshypothese
't werden. Versteht man unter R den äußeren Reiz, unter E die
so wird die psychophysische Fundamentalformel für jede dieser
eine andere. Sie lautet:

Unterschiedshypothese (wie oben): für die Verhältnisshypothese:

$$dE = C\frac{dR}{R} \qquad \frac{dE}{E} = C\frac{dR}{R}.$$

t man dagegen unter R die centrale Sinneserregung, oder, was damit
end ist, die ihr parallel gehende reine Empfindung vor ihrer Apper-
er E die appercipirte, der im WEBER'schen Gesetz ausgedrückten
nterworfene Empfindung, so wird die erste Gleichung zu einem
usdruck der Verhältnisshypothese. Denn diese Gleichung sagt aus,
wo das WEBER'sche Gesetz gilt, jede unendlich kleine Zunahme im
eitsgrad der Empfindung proportional ist dem Quotienten aus der
len Zunahme der Empfindung und der Intensität der letzteren, oder, was
nenfällt, dem Quotienten aus der Zunahme der centralen Sinneserre-
r Stärke derselben. Wollte man die zweite Formel auf die apperci-
ndung beziehen, die unendlich kleine Zunahme der letzteren also nicht
lern mit $\frac{dE}{E}$ ausdrücken und sonach den Merklichkeitsgrad selbst
tive Größe auffassen, so würde man an Stelle der oben abgeleiteten
schen Maßformel die zuerst von PLATEAU [1]) aufgestellte Formel

$$E = k \, . \, R^C$$

a in dieser Formel E nur dann $= 0$ wird, wenn auch $R = 0$ ist,
ch dieselbe die Thatsache der Reizschwelle, insoweit dieselbe
peripherische und rein physiologische Gründe hat, ausgeschlossen.
r die Annahme einer psychophysischen in den Gesetzen der Auf-
begründeten Reizschwelle unerlässlich. Sie wird nicht nur durch
ı Erscheinungen der Aufmerksamkeit, sondern auch durch die Exi-
nterschiedsschwelle nahe gelegt, da diese, wie auch EBBING-
erkt hat, darauf hinweist, dass unsere Unterscheidung nicht stetig,
ıfenweise einer stetigen Veränderung des Reizes folgt. Dieses
Wachsthum ist an die Functionen der Aufmerksamkeit gekettet,
n Grund vorliegt der Empfindung selbst nicht eine stetige Veränder-
ıschreiben. Hiermit ist zugleich der Grundfehler der PLATEAU'schen
rmel angedeutet. Dieselbe vermengt die Sinneserregungen und die
echenden reinen Empfindungen mit den Merklichkeitsgraden der Em-
Venn ein Schatten auf einer Zeichnung bei verschiedener Helligkeit
'klich bleibt, so kann es sich in Bezug auf die objectiven Helligkeiten
en entsprechenden reinen Empfindungen um gleiche relative Unter-
leln: der Merklichkeitsgrad des Unterschieds beider Empfindungen
dabei doch immer die nämliche absolute Größe [3]).

Ann. CL, S. 485 ff.
ır. f. Psychologie und Physiol. der Sinnesorg. I, S. 472.
ierzu Phil. Stud. II. S. 24. FECHNER, ebend. IV, S. 174 ff. Eine eigenthüm-

Abgesehen von den in der Unterschieds- und Verhältnisshypothese
Ausdruck gelangten Verschiedenheiten der Grundanschauung sind gegen
Fundamental- und Maßformel namentlich zwei Einwände erhoben worden. T
bestreitet man 1) die theoretische Zulässigkeit negativer Empfindungsgrößen, t
sucht man 2) eine Formel zu finden, welche der Erfahrung besser entspre

Gegen die negativen Empfindungen wendet man ein, ihre Einfüh
widerstreite dem berechtigten Gebrauch positiver und negativer Zahlen, wel
nur da vorhanden sei, wo zwei gleiche aber entgegengesetzte Größen,
und — a, zusammen null geben. Dies sei bei den positiven und nega
Empfindungen nicht der Fall: eine übermerkliche Empfindung werde durch
Hinzunahme einer gleich weit von der Reizschwelle entfernten untermerkli
Empfindung nicht aufgehoben, sondern im Gegentheil verstärkt[1]). Hierauf is
erwidern, dass vom gleichen Gesichtspunkte aus auch die Anwendung des I
tiven und Negativen in der Geometrie bestritten werden müsste: eine pos
Strecke wird durch die einfache Hinzufügung einer gleich großen negativen e
falls vergrößert. Nun hat aber die geometrische Anwendung nur darin
Grundlage, dass man sich die positive und negative Strecke durch Bewegu
von entgegengesetzter Richtung entstanden denkt: nur in dem Sinne dieser
schauung kann daher auch hier der Satz gelten, dass + a und — a zusam
gleich null sind: d. h. nicht die Strecken als solche heben sich auf, son
die Bewegungen, durch die man sie entstanden denkt. Aehnlich dürfen
nun selbstverständlich die algebraische Summirung im Gebiet der Empfindu
nur im selben Sinne zur Anwendung bringen, in welchem die Bezeichnu
+ und — gebraucht worden sind; nicht den Empfindungen als solchen,
weniger den ihnen entsprechenden Reizen galt aber diese Anwendung, son
der Entfernung von der Reizschwelle als der Grenze des Ueb
und Untermerklichen. Zwei Empfindungen + a und — a sind darum a
dings ebenso wenig zusammen gleich null wie zwei gleich große gerade L
von entgegengesetzter Richtung, wohl aber muss eine Empfindung — a
ebenso viel wachsen, wie eine Empfindung + a abnehmen muss, damit sie
werde, und jedes Wachsthum in der Richtung des Uebermerklichen kann d
eine gleich große entgegengesetzte Bewegung in der Richtung des Unterm
lichen aufgehoben werden. Ebenso wenig hat man sich vor metaphysis
Gespenstern zu fürchten, wenn die dem Reize Null entsprechende Empfin
als negativ unendlich bezeichnet wird. Die Psychophysik kennt wie die Pl
keine absolute Unendlichkeit, sondern unendlich ist in einem gegebenen
stets diejenige Größe, gegen welche jede andere in Betracht gezogene G
verschwindet. In diesem Sinne ist in dem gegenwärtigen Zusammenhang ne
unendlich eine Empfindung, welche von der Grenze der Merklichkeit weite
jede Empfindung von messbarer Größe entfernt ist. So haben überhaupt
Schwierigkeiten, die man hier in der Anwendung des Positiven, Negativen
der Null zu finden glaubte, hauptsächlich darin ihren Grund, dass man

liche Modification der Verhältnisshypothese hat A. ELSAS versucht. (A. ELSAS, U
die Psychophysik. Marburg 1886.) Vgl. über dieselbe FECHNER, a. a. O. S. 162 ff. U
weitere im Sinne der Verhältnisshypothese gehaltene Ausführungen vgl. FECHNER
Sachen der Psychophysik, S. 21 ff.

1) DELBOEUF, Étude psychoph. p. 17. LANGER, Die Grundlagen der Psychoph
S. 49. G. E. MÜLLER, Zur Grundlegung der Psychophysik S. 368. Vgl. außerdem hi
FECHNER, In Sachen der Psychophysik, S. 88, Revision, S. 206.

die reinen Empfindungen anwandte, statt auf die **Merklichkeits**-
Empfindung, auf die sie allein anwendbar sind[1]). Uebrigens ist zu
dass in älterer Zeit auch in der Mathematik die Begriffe des Nega-
es Unendlichen ähnlichen Bedenken begegnet sind[2]).
he **empirische Formeln** aufzustellen, welche eine größere Ueber-
mit der Erfahrung erzielen sollten, sind verschiedene gemacht
n der Erwägung ausgehend, dass bei schwachen Erregungen namentlich
gan subjective Reize sich geltend machen, und dass anderseits die
r Reizhöhe ein Steigen der Empfindung über einen gewissen Maxi-
erhindert, suchte HELMHOLTZ[3]) die Fundamentalformel in folgender
rgänzen. Bezeichnet man die als constant angenommene subjective
durch welche sich das Sinnesorgan stets über der Reizschwelle
it R_0, so erhält man statt der Fundamentalformel die Gleichung

$$dE = C \cdot \frac{dR}{R + R_0}\ .$$

ferner an, dass C keine Constante sei, sondern eine Function
che die Form besitze $C = \frac{a}{b + R}$, worin b eine sehr große Zahl
so wird C für mäßige Werthe von R annähernd unveränderlich
hr großen Werthen von R aber rasch abnehmen. Man erhält dem-

$$dE = \frac{a\,dR}{(b + R)\,(R_0 + R)}\,,$$

$$E = \frac{a}{b - R_0} \cdot log.\left[\frac{R_0 + R}{b + R}\right] + H\ .$$

Formel würde die relative Unterschiedsempfindlichkeit bei sehr
l bei sehr großen Werthen von R abnehmen, und bei den letzteren
sich der Grenze $E = H$ nähern. H würde also das Maximum der
bezeichnen. Selbst beim Gesichtssinn, für welchen HELMHOLTZ diese
ächst entwickelt hat, wird jedoch durch dieselbe keine zureichende
mmung mit der Beobachtung erzielt, da offenbar die unteren Ab-
weit mehr von andern Bedingungen als von dem sogenannten Eigen-
tzhaut abhängen.
hat DELBOEUF dem WEBER'schen Gesetz eine abweichende mathe-

EBBINGHAUS (Ztschr. f. Psychol. I, S. 468 f.) bemerkt, jede beliebige **iso**-
dung habe den Werth Null, weil sie quantitativ nur durch Vergleichung
Empfindungen festgestellt werden könne, und der Schwellenwerth unter-
von andern Reizwerthen nur dadurch, dass er der **tiefstmöglichen**
des betreffenden Gebiets entspreche, so ist hierauf zunächst zu entgegnen,
rte Empfindungen überhaupt nicht gibt. Wenn sie aber vorkämen, so
s zwar an Hülfsmitteln zu ihrer Vergleichung fehlen; sie selbst würden
och keineswegs als »Nullempfindungen« anzusehen sein. Sodann bezeichnet
gliche« Empfindung eines bestimmten Gebietes nichts anderes als eine vom
grade Null sehr wenig verschiedene Empfindung im Sinne der obigen
.
ierzu ALFR. KÖHLER, Phil. Stud. III, S. 588 ff.
logische Optik S. 312 ff. 2. Aufl. S. 387 ff.

matische Formulirung zu geben versucht, bei der er neben dem äußern R
vorgang auch die physiologische Sinneserregung berücksichtigte, indem er die
stenz contrastirender Empfindungen, wie Warm und Kalt, Hell und Dunkel, h
thetisch auf das Verhältniss des oscillatorischen äußeren Reizvorganges R_e zu
ebenfalls als oscillatorisch gedachten inneren Erregungsvorgange R_i zurückführ
Dieses Verhältniss $\frac{R_e}{R_i}$ ist, wie er annimmt, bei der ersten Einwirkung
Reizes, wo die äußere Reizbewegung überwiegt, > 1, bei hergestelltem Gl
gewicht wird es $= 1$, und bei eintretender Ermüdung wird es < 1.
ersten dieser Fälle entspricht eine positive Empfindung (z. B. Weiß), dem dr
eine negative (Schwarz), dem zweiten die Empfindung Null. Demgemäß
DELBOEUF die Formel auf

$$E = C\frac{log.\ R_e}{log.\ R_i}.$$

Gegen diese Betrachtungsweise dürfte aber einzuwenden sein, dass die ge
mäßige Beziehung zwischen Sinneserregung und Empfindung zunächst für
Fall zu bestimmen ist, dass alle Bedingungen mit Ausnahme der Erregungss
möglichst constant bleiben, und dass es sich dann erst darum wird han
können, die besonderen Gesetze der Ermüdung in Rücksicht zu ziehen.
ferner die letzteren betrifft, so scheint es bedenklich in Bezug auf diese
Gesetze aufzustellen, die fast ganz auf theoretische Erwägungen gegründet
um so mehr, als diese Erwägungen Voraussetzungen einschließen, die t
überhaupt zweifelhaft sind, wie die Annahme der oscillatorischen Erregu
processe und ihrer Ausgleichung mit den äußeren Reizen, theils nur in
beschränkten, für einzelne Sinnesgebiete gültigen Thatsachen ihre Stütze fin
wie die Annahme positiver und negativer Empfindungsqualitäten.

LANGER[2]) und G. E. MÜLLER[3]) haben endlich vorgeschlagen, die Fu
mentalformel in der Weise umzugestalten, dass sie für alle merklichen Em
dungen dem WEBER'schen Gesetze entspricht, dass aber die negativen
pfindungen verschwinden, also, wenn wir wieder die Reizschwelle zur Ei
nehmen, für $R = 1$ und $R < 1$ $E = 0$ wird. Dieser Bedingung kann natü
genügt werden, aber die Formel, die man erhält[4]), ist so complicirt, das
selbst dann, wenn der Widerspruch gegen das negative Vorzeichen berec
wäre, schwerlich jemals zur Anwendung kommen würde[5]).

Schließlich seien hier noch einige Versuche der Deutung des WEB
schen Gesetzes und der Fundamentalformel erwähnt, welche von
oben gegebenen psychophysischen Auffassung derselben abweichen. Eine
physiologische Deutung des Gesetzes zu Grunde legend, entwickelte BERNS
specielle Voraussetzungen über die Erregungsleitung in den Nervencen
aus denen er die Fundamentalformel ableitete. BERNSTEIN, dem sich V
anschließt, vermuthet, dass die langsamere Steigerung der Empfindung
wachsendem Reize in einem Widerstande ihren Grund habe, welcher sich

1) DELBOEUF, Théorie générale de la sensibilité, p. 25.
2) Die Grundlagen der Psychophysik, S. 60 ff.
3) Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 378.
4) MÜLLER a. a. O. S. 374.
5) Zur Kritik der verschiedenen Formulirungsversuche vgl. A. KÖHLER, Phil. S
III, S. 580 ff.

der Erregung entgegensetze, indem er sich dabei auf die Hem-
ıungen beruft, die von der centralen Substanz ausgehen[1]). Um
ithmische Function zu erklären, setzt er voraus, 1) dass die Hem-
lb der centralen Substanz proportional der Größe des Reizes sei,
ahl der Ganglienzellen, welche von der Erregung ergriffen werden,
ortional der Reizstärke zunehme, und 3) dass die Intensität einer
on der Menge der erregten Ganglienzellen abhänge. Diese Vor-
sind aber ganz und gar willkürlich und insbesondere hat die dritte
hl nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit. Uebrigens führt die
e Deutung keineswegs, wie BERNSTEIN glaubt[2]), »zu dem absurden
s wir für die natürlichen Logarithmen einen angeborenen Sinn
ıehr beruht diese Aeußerung auf einer gänzlichen Verkennung der
ıthematischer Formeln. Ungefähr mit demselben Rechte ließe sich
EIN's eigene Erklärung geltend machen, sie beruhe auf der Vor-
ass wir eine angeborene Kenntniss von der Zahl der Ganglienzellen
hirn besitzen.

eitung des Maßgesetzes aus dem Princip der Zweckmäßigkeit, die
jeder der drei allgemeineren Auffassungen desselben vereinbar
MÜLLER zu geben versucht[3]). Jenes Gesetz sagt aus, dass 1) der
nterschied derselbe bleibt, wenn das Reizverhältniss constant
, und dass 2) die Empfindung erst bei einem bestimmten endlichen
Reizes, dem Schwellenwerthe, beginnt, wobei die Größe des
thes offenbar durch die Erregbarkeit der nervösen Organe mit-
d. Nehmen wir nun an, es verändere sich die Empfindung da-
bloß der Reiz variirt wird, während die Erregbarkeit, also der
th S des Reizes derselbe bleibt: dann werden die durch zwei
R' erzeugten Empfindungen E und E' ausgedrückt durch die For-
$log. \frac{R}{S}$ und $E' = k \cdot log. \frac{R'}{S}$, also ist der Empfindungsunterschied

$$E - E' = k \cdot log. \frac{R}{S} - k \cdot log. \frac{R'}{S} = k \cdot log. \frac{R}{R'},$$

terschied zweier Empfindungen ist bloß von dem Verhältniss der
von der Reizbarkeit der nervösen Organe abhängig, da der ihr
wellenwerth in der Formel verschwindet. Nehmen wir dagegen
findungsunterschied sei durch veränderte Reizbarkeit, also durch
des Schwellenwerthes verursacht, so wird

$$E - E' = k \cdot log. \frac{R}{S} - k \cdot log. \frac{R}{S'} = k \cdot log. \frac{S'}{S}.$$

der Empfindungsunterschied bloß von der veränderten Reizbar-
n der Größe des einwirkenden Reizes abhängig[4]). Dies bedeutet,
s unsere Schätzung der Reizgrößen mittelst der Empfindungen

T's und DU BOIS REYMOND's Archiv 1868, S. 388. Untersuchungen über den
ıng, S. 178. WARD, Mind. Oct. 1876, p. 460.
T's und DU BOIS REYMOND's Archiv a. a. O. S. 392.
e der sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. 1870, S. 328.
ÜLLER hat (a. a. O. S. 330 ff.) eine andere weniger elementare Ableitung

nicht von dem Zustande der Erregbarkeit beeinflusst wird, und dass anderseits auch die Beurtheilung der Erregbarkeit nach der Empfindungsstärke nicht von der Größe der Reize abhängig ist. Insofern man nun vom praktischen Gesichtspunkte aus die Empfindungen als Zeichen betrachten kann, mittelst deren wir entweder die Stärke der einwirkenden Reize oder den Zustand unserer empfindenden Organe erkennen, lässt sich diese Unabhängigkeit als ein praktischer Vorzug der durch die Maßformel ausgedrückten Beziehung betrachten. Es ist jedoch zu bemerken, dass dieser praktische Nutzen nur so lange von Bedeutung sein kann, als uns sonstige Anlässe gegeben sind, aus denen wir im einen Fall eine variable Stärke der Empfindungen nur auf eine verschiedene Stärke der Reize beziehen, oder im andern Fall annehmen, dass die Reize unverändert geblieben seien und daher die Veränderung der Empfindung nur von Schwankungen der Reizbarkeit herrühren könne. Da wir nun bei der Schätzung unserer Empfindung thatsächlich sehr häufig von solchen Voraussetzungen ausgehen und nicht selten auch aus bestimmten Gründen dazu berechtigt sind, so dürften die von G. E. Müller[1]) gegen diese Betrachtung geltend gemachten Einwände nicht stichhaltig sein. Anderseits ist freilich zuzugestehen, dass teleologische Argumente überhaupt nicht von entscheidendem Werthe und dass sie von sehr dehnbarer Natur sind, wie der Umstand beweist, dass aus ganz ähnlichen Zweckrücksichten Hering eine einfache Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung verlangte.

Neuntes Capitel.

Qualität der Empfindung.

1. Haut- und Gemeinempfindungen.

Die äußere Haut ist verschiedener qualitativ wohl zu unterscheidender Empfindungen, wie Druck, Kälte, Wärme, Schmerz, fähig. Mit diesen Empfindungen scheinen diejenigen qualitativ nahe verwandt zu sein, welche innere Gewebe und Organe, wie Schleimhäute, Muskeln, Knochen, Gelenke, Drüsen u. s. w., wenn geeignete äußere oder innere Reize sie treffen, vermitteln können, und die man unter dem Namen der Gemeinempfindungen zusammenfasst. Da sich überdies beiderlei Empfindungen häufig zu untrennbaren Empfindungsmischungen verbinden, so erscheint es ange-

1) A. a. O. S. 410.

auch in der Betrachtung zu einem großen Empfindungsgebiet
en.
nalyse dieser Empfindungen begegnet hauptsächlich zwei
iten. Die erste besteht in der unbestimmten qualitativen Be-
vieler Gemeinempfindungen, einer Unbestimmtheit, deren haupt-
Grund darin liegen dürfte, dass diese Empfindungen unter
erhältnissen zu schwach und unter abnormen zu stark sind.
dungen werden aber am deutlichsten bei einer mittleren In-
unvollkommensten in der Nähe der Reizschwelle und Reizhöhe
en. Die zweite Schwierigkeit liegt darin, dass die meisten
Gemeinempfindungen von zusammengesetzter Beschaffenheit
ass wir sie häufig nicht mit Sicherheit in ihre Bestandtheile zu
rmögen. Dieses Hinderniss macht sich vorzugsweise bei den-
findungen geltend, die in inneren Reizen ihre Quelle haben,
lem bei den Gemeinempfindungen, außerdem aber auch bei
e Bewegungen und Stellungen der Theile unseres Körpers ge-
Empfindungen. Indem die inneren Reize, aus denen sie ent-
nserer unmittelbaren Beobachtung unzugänglich sind, entziehen
istens zugleich einer willkürlichen Variation, und es wird daher
el unmöglich, anzugeben, ob eine bestimmte Empfindung aus
on einander unabhängigen Reizungsvorgängen hervorgegangen
cht.
weck der psychologischen Untersuchung scheiden wir dieses
et angemessen in drei Classen von Empfindungen: 1) in die
astempfindungen; unter ihnen wollen wir alle durch das
organ, die Haut, vermittelten Empfindungen verstehen, welche
ere Sinnesreize, z. B. durch den Druck von Gewichten, durch
nperatureinwirkungen u. s. w., erzeugt werden; 2) in die
astempfindungen; so wollen wir diejenigen an die Function
ane gebundenen Empfindungen nennen, die in inneren Reizen
l haben, welche durch die Lage eines beweglichen Körpertheils,
ewegung der Tastorgane, sowie durch die Kraftleistungen ihrer
endwie ausgelöst werden; 3) in die Gemeinempfindungen,
wir schließlich alle sonstigen aus inneren Reizen hervorgehenden
n physiologischen oder pathologischen Zustand der Organe be-
mpfindungen verstehen. Diese drei Classen von Empfindungen
nach eine Stufenfolge, in der die inneren Tastempfindungen
m vollständig den übrigen Sinnesorganen gleichgearteten äußeren
d den Gemeinempfindungen in der Mitte stehen. Den letzteren
e Empfindungen insofern an, als sie auf inneren Reizen beruhen
auch auf unser subjectives Gesammtbefinden, das Gemein-

gefühl, von größerem Einflusse sind als die äußeren Sinnesempfindung
mit dem ersteren aber stehen sie deshalb in einem näheren Zusammen
als die eigentlichen Gemeinempfindungen, weil sie fortwährend mit
Functionen der übrigen Sinne, namentlich des äußeren Tastsinns,
sammenwirken und in dieser Verbindung einen wichtigen Einfluss
unsere Vorstellungen gewinnen. Eine eigenthümliche Zwischenste
zwischen den Tast- und Gemeinempfindungen nehmen endlich noch
Schmerzempfindungen ein, welche überall der Ausdruck einer dir
zerstörenden Einwirkung auf sensible Nerven sind, daher sie ebenso
im Gebiet des Tast- wie des Gemeinsinnes, ja, wenngleich seltener
allen übrigen Sinnesnerven vorkommen können[2]).

Vor allem bei den Haut- und Gemeinempfindungen thut es
daran zurückzuerinnern, dass wir unter einer Empfindung üb
nur eine einfache Bewusstseinsqualität zu verstehen haben, in de
solcher nicht das geringste von dem enthalten ist, was durch die
arbeitung zahlreicher Empfindungscomplexe zu Vorstellungen schlie
aus ihr hervorgeht. Die Empfindung, die durch einen Druck auf die
durch die Bewegung eines Tastorgans oder durch die Kraftleistung gew
Muskeln hervorgebracht wird, enthält an und für sich weder eine Bezie
auf die Organe, in denen sie durch äußere oder innere Reize entsta
ist, noch eine Hindeutung auf die Beschaffenheit dieser Reize oder ü
haupt auf irgend etwas, das zu der einfachen Qualität der Empfin
als deren nähere Bestimmung hinzutreten müsste. Bei den Haut- und
meinempfindungen wird dieser einfache, durch den psychologischen B
der Empfindung von selbst geforderte Gesichtspunkt wohl deshalb lei
übersehen als anderwärts, weil in diesem Fall die Namen, die wir den
zelnen Empfindungsqualitäten beilegen, verhältnissmäßig neue Schöpfu
sind, die überall noch deutlich die Spuren ihres Ursprungs an sich tr
so dass man nun verführt wird, die Bedeutung des Namens auf die S
selbst zu übertragen. Man gesteht daher im allgemeinen leicht zu,
bei den Empfindungen Blau, Roth, Gelb weder an das empfindende
oder gar dessen Netzhaut noch an irgend einen bestimmten rothen, bl
oder gelben Gegenstand gedacht werde. Aber wenn von Gelenk-

1) Vgl. Cap. X.

2) Es scheint mir nicht berechtigt, den Schmerz nur als ein Gefühl, das a
Empfindungen begleitet, nicht aber selbst als eine Empfindung anzuerkennen.
z. B. Alfr. Lehmann, Das Gefühlsleben. Leipzig 1892, S. 38.) Der Schmerz ist
eine Empfindung und ein heftiges Unlustgefühl zugleich. Als Empfindung kann e
mit andern Empfindungen, wie Druck-, Temperaturempfindungen, verbinden, ab
kann auch, namentlich im Gebiet des Tast- und Gemeinsinns, für sich allein auft
Wahrscheinlich hat übrigens der übertragene Gebrauch des Wortes »Schmerz
Unlustgefühle jeder Art bei jener Auffassung, dass der Schmerz als sinnliche Em
dung keine selbständige Empfindungsqualität sei, einigermaßen mitgewirkt.

findungen die Rede ist, so verbindet sich damit leicht die
dass sie an und für sich in die Gelenke oder Muskeln verlegt
oder bei Kraftempfindungen, Druckempfindungen u. dergl. ist
gt, an die Vorstellung, wenn nicht gar an den physikalischen
er Kraft, eines drückenden Gewichtes zu denken. Dieser Ver-
gegenüber, die namentlich in der Lehre von den sogenannten
- und Muskelempfindungen viel Verwirrung angerichtet hat, sei
mal bemerkt, dass wir hier, ebenso wie bei allen andern Sinnen,
dungen nicht anders **bezeichnen** können, als indem wir ent-
Organe namhaft machen, deren Function nachweislich zu ihrer
erforderlich ist, oder indem wir auf die äußeren Bedingungen
unter denen sie auftreten. In diesem Sinne reden wir von
findungen, Muskelempfindungen oder von Druckempfindungen,
ndungen u. s. w., lediglich um anzudeuten, dass diejenigen Em-
gemeint sind, die in den Gelenken, in den Muskeln oder beim
Gewichten, bei der Kraftleistung der Muskeln entstehen. Aber
it nicht entfernt gesagt sein, dass der Empfindungsqualität an und
chon eine Ortsbeziehung auf Gelenk und Muskel oder gar die
einer Kraft- oder Gewichtsgröße innewohne. Wie solche Ver-
und Beziehungen, die in unseren wirklichen Vorstellungen freilich
nz fehlen, entstehen, dies nachzuweisen wird hier wie überall
ufgabe einer Analyse der Vorstellungsentwicklung sein können.

nterscheiden zwei Arten **äußerer Tastempfindungen**: die
nd die **Temperaturempfindungen**. Zwar vermittelt das
unter dem Einfluss äußerer Reize noch andere Empfindungen,
ie Kitzel- und Schmerzempfindung; da aber diese, wie wir sehen
tets durch Miterregung anderer sensibler Nerven über das Ge-
astorgans hinaus sich ausbreiten, so wird es angemessener sein,
besonderen Gruppe complexer Gemeinempfindungen zuzurechnen,
h neben andern Erregungen auch Tastempfindungen betheiligen.
hat man ausser den Druck- und Temperaturempfindungen noch
hrungsempfindung unterschieden und vorzugsweise in ihr die
Function des Tastorgans gesehen [1]). Für ihre Trennung von
empfindungen lassen sich aber keine zureichenden Gründe gel-
en.

kempfindungen, die durch räumlich getrennte Theile der
che vermittelt werden, sind zwar in ihrer qualitativen Be-

NER, Beitäge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853, und
rat. Medicin. N. F. IV, S. 260. RICHET, Recherches expérimentales et
la sensibilité. Paris 1877, p. 205. 216.

schaffenheit einander ähnlich, aber sie gleichen sich keineswegs vollstän
Wenn wir z. B. auf die Rücken- und die Hohlfläche der Hand zwei
ander objectiv völlig gleichende Druckreize einwirken lassen, so beme
wir auch abgesehen von der Beziehung der Eindrücke auf verschie
Stellen der Haut deutlich eine qualitative Verschiedenheit. Wir sind
allerdings so sehr daran gewöhnt, diese letztere mit der örtlichen Un
scheidung in Verbindung zu setzen, dass es besonderer Aufmerksam
bedarf, um sich dieselbe zum Bewusstsein zu bringen. Diese loc
Färbung der Druckempfindung stuft sich, wie es scheint, stetig
von einem Punkte zum andern, indem sie an den im Tasten vorzugsw
geübten nervenreichsten Theilen, wie an den Fingern oder Lippen, schn
sich verändert, an den minder geübten und nervenärmeren dagegen,
Schenkeln oder Rücken, über größere Flächen annähernd constant bl

Lässt man auf ein und dasselbe Hautgebiet von constanter Emp
dungsbeschaffenheit verschiedenartige Körper als Druckreize einwirken
bemerkt man, auch wenn Begrenzung, Größe und Gewicht sowie
Temperatur der Objecte möglichst einander gleichen, dennoch je nach
Beschaffenheit ihrer Oberfläche qualitativ verschiedene Empfindungen.
unterscheiden wir namentlich glatte und rauhe, spitze und stumpfe, h
und weiche Eindrücke, wobei zwischen den durch diese Wörter beze
neten Gegensätzen alle möglichen Uebergänge stattfinden können. N
minder erzeugt der Druck flüssiger Körper eine eigenthümliche Tastemp
dung, die wieder einigermaßen mit der Beschaffenheit der Flüssigkeit
namentlich je nachdem die Haut durch dieselbe benetzbar ist oder n
variirt. Ebenso charakteristisch ist die Empfindung, die der Widerst
der bewegten Luft hervorbringt, und wesentlich anders gestalten sich
wieder der Effect eines Windstoßes, die Erschütterung durch starke Sch
vibration und die leise Druckempfindung, welche bei der Bewegung
Finstern durch die Reflexion der Luft an festen Gegenständen, denen
uns nähern, entsteht. Druckempfindungen der letzteren Art verrat
meist dem Blinden die Hindernisse, die sich ihm in den Weg stel
Charakteristisch verschieden von allen Arten positiver Druckwirkung
endlich jene Empfindung, die entsteht, wenn wir eine Hautstelle ei
negativen Druck aussetzen, indem wir sie etwa in Berührung mit ei
luftverdünnten Raume bringen. In allen Fällen ist es übrigens Beding
zum Zustandekommen einer Empfindung, dass der Druckreiz auf eine
stimmte Hautstelle beschränkt sei. Den Druck der Atmosphäre, der glei
förmig auf unsere ganze Hautoberfläche einwirkt, empfinden wir nic
selbst einen Druck, dem ein einzelnes Glied unseres Körpers ausges
wird, empfinden wir vorzugsweise an der Stelle, wo die comprimirte
die druckfreie Hautregion an einander grenzen. Bedient man sich

such des Drucks von Flüssigkeiten, indem man z. B. einen Finger
and in ein Gefäß mit Quecksilber taucht, welches eine der
gleiche Temperatur hat, so kann übrigens die auffallend stärkere
ndung an der Begrenzungsstelle zum Theil auch durch die ela-
nnung der Flüssigkeit an ihrer Oberfläche bedingt sein, eine Span-
amentlich bei flüssigen Metallen ziemlich beträchtlich ist[1]). Bei
n von geringer Schwere, wie Oel oder Wasser, kann es leicht
dass überall, ausgenommen an der Begrenzungsstelle, die Druck-
unmerklich wird; dagegen unterscheidet man beim Eintauchen
in Quecksilber deutlich die stärkere Empfindung an der Be-
elle von der schwächeren unterhalb derselben, welche letztere
nder Tiefe zunimmt[2]).
nicht wahrscheinlich, dass die oben unterschiedenen Druck-
en des Spitzen und Stumpfen, Weichen und Harten u. s. w.
mannigfachen Widerstandsformen flüssiger und gasförmiger
lich als verschiedene einfache Qualitäten anzusehen sind, son-
ndelt sich hier wohl überall um eine und dieselbe Empfindung,
ils in ihrer Stärke, theils in ihrer räumlichen Vertheilung, theils
itlichen Verlaufe mannigfache Unterschiede und Combinations-
bietet. In der That ist nicht zu leugnen, dass z. B. der Gegen-
glatten und einer rauhen Fläche auf der dort vollkommen
er discontinuirlichen Ausbreitung des Eindrucks beruht, ebenso
arten vom Weichen auf der verschiedenen Intensität und auf
chenden zeitlichen Verlauf der Empfindungen. Eine wesentliche
chkeit der Druckempfindungen dürfte demnach darin bestehen,
ns in der Regel als räumliche und zeitliche Complexe
Druckqualitäten gegeben sind, und dass gewisse dieser
constante Verbindungen mit einander eingehen, die ihnen für
sstsein nahezu den Charakter untheilbarer und darum scheinbar
npfindungen verleihen.
n Druckempfindungen verbinden sich Temperaturempfin-
sobald sich die Temperatur der mit dem Tastorgan in Berüh-
enden Körper über oder unter jenem physiologischen Nullpunkt
elcher durch Adaptation an eine bestimmte Eigentemperatur
ildet hat (vgl. S. 385). Wir unterscheiden hier zwei Quali-
Wärme- und Kälteempfindung. Jede dieser Qualitäten ist

. MARANGONI in WIEDEMANN's Beiblättern zu den Annalen der Physik, III,

gabe von MEISSNER (Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. VII, S. 92), dass unter allen
ar an der Grenzstelle Druckempfindung auftrete, kann ich nach meinen
n nicht bestätigen.

nur intensiver Veränderungen fähig, wobei zugleich die Wärmeempfind
eine größere Zahl von Gradabstufungen durchlaufen können als die
empfindungen, wahrscheinlich weil die Einwirkung der Kälte rasc
Erregbarkeit abstumpft. Auch Wärme und Kälte empfinden wir, ä
wie den Druck, nur dann, wenn der Reiz auf eine mehr oder w
beschränkte Stelle der Haut einwirkt, indem wir dann diese Stel
wärmer oder kälter im Vergleich mit ihrer Umgebung auffassen. E
ganze Haut gleichförmig treffender Temperaturreiz, wie z. B. beim S
in ein kaltes oder warmes Bad, wird dagegen nur vorübergehend, b
früher erwähnte Anpassung der Haut eingetreten ist, als Wärme
Kälte empfunden. Diese Thatsache lässt sich wohl zusammen m
Erscheinung, dass wir auch den Druck nur bei localer Beschränkung
nehmen, auf jenes Princip der Relativität der Empfindunge
rückführen, welches bei der Auffassung der Stärke der Empfindun
dem WEBER'schen Gesetze seinen Ausdruck findet.

Die intensiveren Druck- und Temperaturempfindungen verbinde
mit Schmerzempfindungen, und bei einer gewissen Höhe der Reizw
verdrängen die letzteren völlig die ersteren. Sehr schwache W
empfindungen können ferner zuweilen mit minimalen Druckempfind
verwechselt werden[1]. Offenbar entspringt aber diese Verwechselun
aus der Auffassung der Empfindungen, und sie wird hier möglich
wir Druck- und Temperaturreize auf das nämliche Sinnesorgan be
Ehe wir die Art der Erregung unserer Haut mit Bestimmtheit unte
den, bildet sich namentlich bei sehr schwachen Reizen zuvor sch
Vorstellung, dass irgend eine Erregung stattfinde. Druck- und Te
turempfindungen sowie die beiden Qualitäten der letzteren beruhe
nicht bloß auf qualitativ verschiedenen Erregungsvorgängen der näm
Endorgane, sondern sie sind wahrscheinlich auch an verschi
Apparate der Haut oder wenigstens an Structurbedingungen der se
Nerven, die in verschiedenen Theilen ihres Verlaufs verschiedene
gebunden. Dies ergibt sich aus der Einwirkung von nahehin p
förmigen Druck-, Wärme- und Kältereizen. Sie zeigt, dass die
letzteren nur an gewissen räumlich getrennten Punkten der Haut wi
und dass die für Kälte und Wärme empfindlichen Punkte wieder vo
ander gesondert sind. Bei Druckreizen ist ein solcher localer Unte
jedenfalls nur insofern vorhanden, als gewisse Punkte für Druckrei
pfindlicher sind als andere. Ebenso scheint die Schmerzempfindl
an keiner Stelle der Haut zu fehlen[2]. Das scheinbare abweichend

1) FICK und WUNDERLI, MOLESCHOTT's Untersuchungen, VII, S. 393.
2) MAGNUS BLIX, Zeitschr. f. Biologie, XX, S 141, XXI, S. 145 ff. GOLDS

rmiger Wärme- und Kältereize kann aber hier leicht nur
langsameren Fortpflanzung der Temperaturreize beruhen.
ım so wahrscheinlicher, als die Existenz specifischer End-
e Temperatur- ebenso wie für die Druckreize sehr zweifel-

ı von der verschiedenen Empfindungsqualität äußert sich
e Unterschied der Druck- und der Temperaturreizung auch
ie erstere, so lange die Reize eine mäßige Intensität nicht
nur eine sehr kurze, die letztere dagegen eine ziemlich
npfindung im Gefolge hat. Doch lassen sich messende
mit Druckreizen ausführen. Hier fand Bloch[2]) bei der An-
hernd momentaner elektrischer Reize, dass das Intervall zwi-
romstößen bis auf $^{1}/_{83}$, bei mechanischen Reizen aber nur
verringert werden konnte, um eine continuirliche Empfindung
n[3]). Von den Wärme- und Kältereizen lässt sich nur sagen,
nmittelbare Beobachtung lehrt, die Empfindung nach der Ein-
eizes sowohl langsamer ansteigt wie auch allmählicher wieder
messende Versuche sind aber hier noch nicht ausgeführt.

sten und sichersten lassen sich unter den genannten Reizpunkten
kte nachweisen. Bewegt man eine abgekühlte abgestumpfte
er irgend eine Hautstrecke, so markiren sich sehr scharf die
en man die Kälte wahrnimmt, gegenüber jenen, an denen bloß

XXXIX, S. 96 ff., Archiv f. Physiol., 1885, Suppl. S. 1 ff., 1886, Suppl.
S. 473 ff. Donaldson, Mind, X, 1885, p. 399 ff.
S. 303.
du laboratoire de M. Marey, III, 1877, p. 123, IV, 1879, p. 259.
nutzte als mechanische Tastreize die Berührungen vibrirender Stimm-
gab sich zugleich, dass die Nachdauer mit der Empfindlichkeit des ge-
va von $\frac{1}{30}$ bis auf $\frac{1}{70}$ abnahm. Größere Werthe, von $\frac{1}{20}$—$\frac{1}{32}$″, fand Preyer,
einer rotirenden gezahnten Rolle auf die Haut einwirken ließ, was also
ı Intensität dieser Reize zusammenhängen kann. (Preyer, die Grenzen
vermögens und des Willens. Bonn 1866, S. 37.) Bei der Benutzung von
den Berührungsversuchen ist darauf zu achten, dass die Stimmgabeln
les Widerstandes der Haut bloß in Intervallen schwingen, die durch
Ruhe unterbrochen sind. Wenn Sergi (Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. S.
d, dass bei Stimmgabeln von weit über 100, ja selbst von 1000 Doppel-
Succession der Empfindungen deutlich an der Volarseite der Finger-
ehmen war, so ist der Gedanke, dass es sich dabei um solche Inter-
n gehandelt habe, kaum abzuweisen. Eine eigenthümliche Nachempfin-
en Goldscheider und Gad bei elektrischer wie bei mechanischer Reizung
er secundären Empfindung, die von der primär dem Reize folgenden
s Intervall (von durchschnittlich 0,34 Sec.) getrennt war (Archiv f.
164, Zeitschr. f. klin. Med. XX, S. 339 ff.). Es ist nicht unwahrschein-
ch hier um eine durch die Doppelheit der sensibeln Leitung bedingte
ıdelt, wobei die primäre Empfindung durch die directe, die secundäre
Umweg über die graue Substanz einschlagende Leitung vermittelt wird,
edingungen also, die der verschiedenen Leitungsgeschwindigkeit von
Schmerzreizen zu Grunde liegen. (Vgl. S. 111 f.)

die Berührung empfunden wird. Etwas schwieriger ist die Nachweisun
Wärmepunkte, weil starke Temperaturreize Schmerz erregen, sch
aber die Normaltemperatur der Haut allzuwenig übertreffen. Nach den U
suchungen GOLDSCHEIDER's ist der Wärmesinn überall intensiv und ex
geringer entwickelt als der Kältesinn, und beide werden wieder über
durch den Drucksinn, dessen Punkte am dichtesten gelagert sind. Die
theilung der drei Arten von Punkten ist im allgemeinen eine radienf
der Ausstrahlung der Nervenzweige folgende. Sehr häufig sind die Haa
zeln die Mittelpunkte der Radien. In den verschiedenen Hautregionen i
Empfindlichkeit für alle drei Reize bekannten Erfahrungen gemäß eine
selnde. So ist die Temperaturempfindlichkeit an Augenlid, Stirn, Wange
am größten, kleiner an Brust, Bauch, Arm, Hand, am kleinsten am Untersc
und Fuß. Durchweg ist die Temperaturempfindlichkeit an der Eintrit
eines sensiblen Nerven größer als in der Peripherie seines Verbreitungsb
Hieraus folgt, dass im allgemeinen der Temperatursinn der Extremität
nimmt mit der Annäherung an den Rumpf, im Gegensatz zu dem Dru
dessen Punkte an den durch feineren Ortssinn ausgezeichneten Stellen,
den Finger- und Zehenspitzen, am dichtesten angeordnet sind (vgl. Ca
Schwache mechanische und elektrische Reize bringen nicht bloß auf die T
ratur- oder Druckpunkte selbst einwirkend die specifischen Empfindungen h
sondern es kann auch bei schwacher Reizung der Nervenstämme, wie de
ulnaris, der Handnerven, eine peripherische Ausstrahlung von Tempe
namentlich Kälteempfindungen, und von Druckempfindungen beobachtet w
In der Beschränkung der erhöhten Empfindlichkeit für Druckreize auf ann
punktuelle Hautstrecken hat wohl die eigenthümliche Empfindung des »kör
welche GOLDSCHEIDER den Druckpunkten zuschreibt, ihren Grund. Es dü
aber kaum zureichen, ihnen deshalb mit diesem Beobachter eine spe
Qualität zuzutheilen und auf diese Weise den Drucksinn als einen bes
Sinn, der von dem über die ganze Haut verbreiteten Tastsinn verschied
aufzufassen. Alles spricht vielmehr dafür, dass die sogenannten Druc
lediglich solche Stellen sind, an denen durch besondere Hülfsappar
Tastnerven ein höherer Grad von Druckempfindlichkeit verliehen wird
könnte man aus den angeführten Beobachtungen schließen, dass für die W
und Kälteempfindungen besondere Endapparate existirten. Aber die anato
Befunde unterstützen, wie wir früher sahen, diese Vermuthung nicht
S. 302 ff.) Immerhin mag zugegeben werden, dass in Anbetracht der S
rigkeiten, welche der sicheren Nachweisung der Nervenendigungen in
stehen, neben der Annahme, dass es besondere Endorgane des Tempera
überhaupt nicht gibt, wohl auch die andere nicht ganz ausgeschlossen is
gelegene Oberhautzellen, mit denen Endfibrillen der Nerven in Verbindung
seien die Träger der Temperaturempfindung. Eine solche Verbindung ist
That mehrfach behauptet worden. (Vgl. S. 300 Anm.) Es würde, w
sich bestätigen sollte, der Temperatursinn offenbar in eine noch nähere
treten zu den chemischen Specialsinnen, bei denen überall Endzellen v
thelialer Bedeutung die Transformation des Reizes bewirken.

An die Nachweisung distincter Wärme- und Kältepunkte hat GOLDSCHE
Folgerung geknüpft, es könne die Temperaturempfindung nicht in der au
dargestellten Weise aus der Abweichung von der den Einflüssen der A
unterworfenen Eigenwärme der Haut erklärt, sondern es müsse zu d

ER gemachten Annahme zurückgekehrt werden, dass Wärmezufuhr , Wärmeentziehung als Kältereiz wirke. Dem stehen jedoch die fahrungen über die Adaptation des physiologischen Nullpunktes e an die Außentemperatur entgegen. Auch würde es ebenso gut ass diese Vorgänge der Anpassung in zwei verschiedenen Apparaten, ch in einem einzigen vollziehen. Wenn es nie vorkommt, was glich erwartet werden könnte, dass an einer und derselben Haut- gleicher Adaptation der Temperaturorgane gleichzeitig Wärme und n wird, so könnte dies leicht aus dem intensiven und extensiven der Kältepunkte erklärt werden, wonach der Adaptationszustand immer in erster Linie für die Bestimmung des Nullpunktes ent- müsste[1]). Endlich hat noch GOLDSCHEIDER in der Unabhängigkeit ärme- und Druckpunkte von einander und in der Möglichkeit, eines Tastnerven die Empfindungen dieser drei Endorgane ex- ulösen, einen Beweis für die Existenz specifischer Nervenfunc- Sinne gesehen, dass jede dieser Empfindungen unabänderlich entrale Zellen gebunden sei, auf deren ursprünglicher Verschieden- diese Empfindungen beruhen sollen. Nur bezüglich der Schmerz- die, wie hauptsächlich MAGNUS BLIX nachwies, wahrscheinlich nur Reizung der Nerven entstehen, bezweifelt auch GOLDSCHEIDER die derer centraler Zellen. Dem muss jedoch entgegengehalten werden, en Vertheidigern der specifischen Sinnesenergien vertheidigte Satz, v und jedes Endorgan reagire auf jeden beliebigen Reiz nur mit chen Empfindungsqualität, gerade beim Tastsinn nicht beweisbar ist es nicht möglich, in den Temperaturpunkten durch andere reize, z. B. durch Druck und Elektricität, Kälte- und Wärme- mit Sicherheit auszulösen[2]). Sodann aber ist die Annahme spe- punkte von ähnlicher localer Sonderung, wie die Temperatur- ind, nicht haltbar, sondern die Beobachtung zeigt, dass der Druck- ganze Hautoberfläche stetig verbreitet ist und nur an einzelnen größerer Empfindlichkeit darbietet. Setzt man voraus, dass die Endkolben die Gebilde sind, die diese größere Druckempfind- en, so bleibt dann aber angesichts des beschränkten Vorkommens übrig anzunehmen, dass die Nervenausbreitungen selbst ebenso hmerzempfindungen vermitteln.

n Druck- und Temperaturempfindungen sind in einem weiteren ebiete des Tastsinns auch diejenigen Empfindungen zuzu- he sich mit den Bewegungen der äußern Körpertheile ver- der Regel wirken bei der Thätigkeit der Tastorgane diese

[1]) SOIR (Arch. f. Physiol. 1892, S. 253) bestreitet überhaupt die locale Kälte- und Wärmepunkte, da er bei Wiederholung der Versuche in der nämlichen Punkte wiederfinden konnte. Vgl. jedoch hierzu GOLDSCHEIDER, chol. u. Physiol. d. Sinnesorg. V, S. 118.

[2]) egengesetzten Angaben von BLIX und GOLDSCHEIDER dürften wohl auf der wechselung schwacher Druck- und Temperaturreize beruhen, wie sie in von FICK und WUNDERLI zur Beobachtung kamen (S. 416).

inneren Tastempfindungen mit den bei der Berührung der Gegenstände entstehenden Druck- und Temperaturempfindungen zusammen und tragen auf solche Weise wesentlich mit bei zu den Vorstellungen, die wir uns von der physischen Beschaffenheit der Körper bilden. Auch sie bieten qualitative Unterschiede dar, die nicht sowohl auf der Differenz einfacher Empfindungsqualitäten als vielmehr auf der verschiedenen räumlichen und zeitlichen Combination qualitativ gleichförmiger, aber in ihrer Intensität mannigfach abgestufter Empfindungen beruhen. Die bei einer Bewegung geleistete Arbeit wird bekanntlich durch das Product des gehobenen Gewichtes p in die Erhebungshöhe h gemessen. Unsere die Bewegung begleitende Empfindung wächst nun nicht etwa in ihrer Intensität einfach diesem Producte $p \cdot h$ proportional, sondern wir unterscheiden die beiden Factoren desselben: dem Gewichte p entspricht die Kraftempfindung, der Erhebungshöhe h die Bewegungsempfindung. Beide sind unabhängig von einander veränderlich. Nicht nur kann bei constant bleibendem Gewichte die Bewegungsempfindung je nach dem Umfang der Zusammenziehung wechseln, sondern wir können auch eine isolirte Veränderung der Kraftempfindung hervorbringen, wenn wir bei gleich bleibendem Contractionszustande die Belastung eines Körpertheils wechseln lassen. Von beiden Empfindungsarten scheint wieder die Kraftempfindung die einfachsten Verhältnisse darzubieten, insofern sie in ihrer Qualität einförmiger, dafür aber einer sehr feinen intensiven Abstufung fähig ist. Die Bewegungsempfindung dagegen dürfte stets aus einer Mehrheit qualitativ verschiedener Empfindungen bestehen, die sich theils simultan verbinden, theils in einer bestimmten zeitlichen Folge an einander reihen. So bemerken wir, dass bei der Bewegung eines Gliedes, z. B. des Armes, die Orte der deutlichsten Empfindung im Verlauf der Contraction wechseln: im Anfang derselben wird etwa vorzugsweise im Handgelenk die Bewegung empfunden, und bei fortschreitender Contraction wandert die Stelle der intensivsten Empfindung allmählich nach dem Ellenbogen- und Schultergelenk. Daneben beobachtet man aber, dass noch zahlreiche andere Punkte zu- oder abnehmende Empfindungen vermitteln. Insofern nun hierbei jede locale Empfindung geringe qualitative Unterschiede darbietet, besteht offenbar die gesammte Bewegungsempfindung aus einem sehr verwickelten Complex elementarer Empfindungen, deren jede bestimmte zeitliche Veränderungen in ihrer Intensität erfährt. Als die relativ einfacheren, immer aber selbst noch sehr zusammengesetzten Bestandtheile, aus denen eine dem Uebergang eines Theils aus einer Stellung A in eine Stellung N entsprechende Bewegungsempfindung resultirt, bleiben so die einzelnen Lageempfindungen A, B, C ... übrig. Die Analyse aller dieser Empfindungen ist deshalb hauptsächlich schwierig, weil wir uns gewöhnt haben, dieselben



sammengesetzten Effecte, die Bewegungszustände der Theile
ies, zu beziehen. Indem jede elementare Empfindung in einem
omplex nur insofern für uns einen Werth besitzt, als sie sich
ing der Bewegungsvorstellung betheiligt, haben wir die Fähig-
ı sie unabhängig von dieser Verwerthung aufzufassen. Eine
wierigkeit erwächst aus der innigen Verbindung, welche die
die Bewegungsempfindung unter einander eingehen. Ohne
liese Verbindung zugleich der Anlass zu einer nicht selten be-
Vermengung beider bei ihrer Verwerthung zu Vorstellungen.
ebung eines ungewöhnlich großen Gewichts sind wir geneigt,
gshöhe zu überschätzen. In noch höherem Maße beobachtet
Täuschungen in paretischen Zuständen, wo bei der Bewegung
elähmten Gliedes nicht nur die Empfindung einer außerordent-
ere desselben, also eine gesteigerte Kraftempfindung, vorhanden
meistens zugleich der Umfang der Bewegungen mehr oder
eblich überschätzt wird. Umgekehrt dagegen wird ein Gewicht
wenn wir uns auf eine im Verhältniss zu demselben über-
raftleistung vorbereitet haben, wodurch eine schnellere und
Erhebung zu Stande kommt.

ennung der Bewegungs- von der Kraftempfindung ist nur in
möglich: 1) bei der passiven durch äußere Druck- oder Zug-
rkten Bewegung eines Gliedes, wo die Kraftempfindung hin-
nur die Bewegungsempfindung, in der Regel verbunden mit
e äußeren Kräfte ausgelösten Druckempfindungen, übrig bleibt;
en Kraftanstrengungen der Muskeln, bei denen entweder durch
erstände oder durch den innern der Antagonisten der betref-
rtheil seine Lage nicht verändert, und wo demnach keine Be-
findung, wohl aber eine Kraftempfindung, zumeist verbunden
Druckempfindungen, stattfindet.

Bewegungsempfindung steht die Lageempfindung eines
in nahem Zusammenhang; sie entsteht dann, wenn eine be-
llung während einer gewissen Zeit entweder durch äußere
durch Muskelwirkungen festgehalten wird. Aehnlich sind die
ssen Bedingungen zu beobachtenden Compressions- und
dungen, von denen die ersteren durch äußere Widerstände,
Bewegung eines Gliedes entgegenstellen, die letzteren durch
Gewichten erzeugt werden, den Kraftempfindungen verwandt.
er verhält sich die Ermüdungsempfindung der Muskeln.
auch bei vollkommener Ruhe der Theile andauernde Empfin-
so lange sie von geringer Intensität ist, bei eintretender Be-
lständig durch die Bewegungs- und Kraftempfindungen ver-

drängt werden kann, wogegen sie in ihren intensivsten Graden durc
Bewegung gesteigert zu werden pflegt. Die Ermüdungsempfindung g
aber bereits zu den Gemeinempfindungen, da von ihr unser allgem
körperliches Befinden in hohem Grade beeinflusst wird. Das Schw
gefühl der Kranken und Altersschwachen beruht wahrscheinlich gan
gar auf der Muskelermüdung.

Gegenüber so vielgestaltigen Empfindungen, welche an die Bew
geknüpft sind, bald sie begleitend, bald als ihre Nachwirkungen zu
bleibend, drängt sich von selbst die Vermuthung auf, es möchten dies
sehr verschiedene Quellen haben. Nichts desto weniger hat sich i
Physiologie meistens die Tendenz geltend gemacht, alle diese Empfin
gen wo möglich aus einer Quelle abzuleiten. In dieser Absicht hat
sie entweder 1) auf Druckempfindungen der Haut oder 2) auf
lenkempfindungen zurückzuführen gesucht, oder man hat in
3) specifische Muskelempfindungen gesehen, welche, von sens
Apparaten und Nerven im Innern der Muskeln abhängig, gewissern
als Empfindungen eines sechsten Sinnes, des Muskelsinnes, zu betra
seien; endlich hat man sie 4) als Innervationsempfindunge
zeichnet, indem man annahm, dass sie lediglich von der centralen I
vation der Bewegungsorgane abhängig und daher nicht sowohl perip
schen als centralen Ursprungs seien. Keine dieser vier Hypothesen
den sogenannten Muskelsinn dürfte zureichend sein, um über die Gesa
heit der Erscheinungen Rechenschaft zu geben. Dagegen dürfte jed
sofern einen Theil der Wahrheit enthalten, als die an die Bewegung
Stellung der Glieder geknüpften Empfindungen im allgemeinen com
Verschmelzungsproducte aus verschiedenen Empfindungen und außo
je nach den Bedingungen, unter denen die Stellungen und Lageänderu
zu Stande kommen, in ihrem Ursprung verschieden sind.

In letzterer Beziehung sind insbesondere die durch passive Lage
rung der Theile entstehenden von den durch active Muskelwirkunge
zeugten Empfindungen zu unterscheiden. Die bei passiver Bewe
vorhandene Empfindung hat vorzugsweise ihren Sitz in den Gelenken,
als inconstantere und schwächere Elemente, namentlich bei ausgiebi
Bewegungen, noch Druckempfindungen der äußeren Haut, durch die F
bildungen derselben entstehend, und vielleicht auch Compressions- und
empfindungen der Muskeln und Sehnen hinzutreten können. Die vorwie
Bedeutung der Gelenkempfindung bei der passiven Bewegung ergibt
theils aus der Localisation der Empfindungen in den Gelenken, theil
der feinen Auffassung sehr kleiner Drehungen, bei denen Druck-
Compressionsempfindungen nicht merklich von Einfluss sein können.
wird die Auffassung kleiner Bewegungen durch Aufhebung der I

eit mittelst elektrischer Ströme nicht merklich beeinträchtigt[1].
n passiven Bewegungsempfindungen verhalten sich die Lage-
n. Sie unterscheiden sich nur durch ihre relative Constanz,
bener Empfindungscomplex hier so lange andauert, als eine
tellung festgehalten wird, während bei der Bewegung die
von Moment zu Moment wechselt[2]). Bei activer Bewe-
sich zunächst die bei der passiven vorkommenden Empfin-
genau entsprechender Weise. Es tritt dann aber, während
npfindungen in Folge der Druckzunahme in den Gelenken
rden, außerdem eine deutlich in den Muskeln selbst und in
derselben localisirte Empfindung hinzu. Diese bildet den oben
findung bezeichneten Bestandtheil des ganzen Empfindungs-
Von ihr unterscheiden sich die Compressions- und die Zug-
abgesehen von den meistens vorhandenen gleichzeitigen
dungen der äußeren Haut, durch eine besonders starke Be-
on Gelenkempfindungen, wozu bei den Zugwirkungen noch
inder intensive Sehnenempfindungen hinzutreten.
llen diesen unmittelbar aus peripherischen Reizen entspringen-
ungen scheint aber endlich noch die Annahme von Empfin-
tralen Ursprungs unerlässlich zu sein, die unter normalen
hinter den mit ihnen qualitativ übereinstimmenden periphe-
- und Bewegungsempfindungen völlig zurücktreten, die aber
n Lähmungen der Bewegungsorgane zu auffallenden
uschungen Veranlassung geben können. Der Paralytiker, der
dig gelähmtes Bein aufzuheben sucht, hat häufig eine deutliche
von Kraftanstrengung, obgleich alle jene Elemente der Em-
len, die in der Bewegung der Gelenke, in der Contraction
in dem Druck der Hauttheile ihre Quellen haben. Nun be-
n allerdings in solchen Fällen in der Regel Mitbewegungen
ht gelähmter Theile. Ist z. B. das rechte Bein gelähmt, so
türlich das linke mitbewegt; sind beide Beine gelähmt, so
wegungen des Rumpfes und der Arme ein. Man hat darum
solchen Mitbewegungen die Ursache der scheinbar in gelähmten
isirten Kraft- und Bewegungsempfindungen sehen zu können.
h jene ohne Zweifel zur Verstärkung des ganzen Empfindungs-

EIDER, Arch. f. Physiol. 1889, S. 490 ff.
durch passive Bewegung entstehenden inneren Tastempfindungen sind
heinlich auch die durch das statische Organ des Ohrlabyrinths (S. 295)
npfindungen zu rechnen. Wegen ihrer Bedeutung für die Entwicklung
gen vom Gleichgewicht und der Bewegung des eigenen Körpers soll aber
Untersuchung der Bewegungsvorstellungen (Abschn. III, Cap. XI) auf sie
gen werden.

complexes mithelfen, so wird doch die bestimmte Localisation in de
lähmten Theilen nur dann begreiflich, wenn man die Mitwirkung ein
sie bezogenen centralen Componente zu Hülfe nimmt. Namentli
die erwähnte Erklärung bei denjenigen Erscheinungen unzulänglic
bei **Lähmungen der Augenmuskeln** beobachtet werden. In
Fall beobachtet man höchst charakteristische Störungen in der Local
gesehener Objecte. Ist z. B. ein äußerer gerader Augenmuskel völl
lähmt, so dass eine Auswärtsbewegung des betreffenden Auges nicht
möglich ist, so tritt, während vergebliche Bewegungsanstrengungen er
statt der Bewegung des Auges **eine scheinbare Auswärtsbewe**
der Objecte ein: da das Auge selbst stille steht, so scheinen sich
gemäß die Gegenstände zu drehen, so wie sie sich gedreht haben m
wenn bei bewegtem Auge der fixirte Punkt constant geblieben wäre
sprechende Erscheinungen werden bei unvollständiger Lähmung beob
Ein Kranker mit Parese des Abducens z. B., bei welchem das Au
betreffenden Seite nur noch eine laterale Drehung von 20° zu err
vermag, verlegt ein Object, das in der Wirklichkeit von der Median
um 20° abweicht, so weit nach außen, wie es der äußersten Abdu
stellung des normalen Auges entsprechen würde, und aufgeforde
Object mit dem Zeigefinger der Hand zu berühren, zielt er weit an
selben vorüber. Auf die Bewegungen des Auges der gesunden
können diese Localisationsstörungen nicht zurückgeführt werden, d
die Doppelbilder beider Augen getrennt von einander beobachten
und hierbei allein das dem gelähmten Auge angehörige Bild in der
gebenen Weise falsch localisirt wird[1]. Diese Folgerungen werden
die mehrfach beobachtete Thatsache, dass bei vollständiger Aufhebun
peripherischen Haut-, Gelenk- und Muskelsensibilität, aber erhalten
wegungsfähigkeit eines Gliedes nur unter Mithülfe des Gesichtssinns e
maßen sichere Bewegungen ausgeführt werden können, nicht entkrä
Denn so augenfällig diese Thatsache die Wichtigkeit jener peripher
Tastempfindungen für die Ausführung der willkürlichen Beweg
beweist, und so entscheidend sie die Meinung widerlegt, dass irgend
psychische Vorgänge, z. B. der Wille, die Vorstellung der auszuführ
Bewegung, oder an die motorische Innervation gebundene centrale Erreg

1) A. v. Graefe, Symptomenlehre der Augenmuskellähmungen. Berlin 1867,
950. Alfr. Graefe, in Graefe und Saemisch's Handbuch der Augenheilkunde,
S. 18, 37. Hinsichtlich der Bedeutung dieser Erscheinungen für die Entwicklu
Gesichtsvorstellungen vgl. Cap. XIII.

2) Ziemssen, Handb. der Pathol. XIII, S. 89 ff. Ribot, Revue philos. 187
p. 371. Gley, ebend. XX, 1885, p. 601. Charlton Bastian, The muscular sense,
April 1887, p. 1 ff. Angeschlossen ist eine interessante Debatte der Londoner
logischen Gesellschaft über die Frage.

für sich ein Maß des Umfangs und der Richtung der Bewegung
, ebenso wenig beweist sie, dass die peripherisch ausgelösten Em-
;en die einzigen überhaupt stattfindenden sind. Wenn die Frage
, ob eine physiologische Function X ein Product zweier Factoren A
oder nur eines einzigen derselben ist, so wird durch den Nach-
ıss die Elimination des Factors A die Function aufhebt oder stört,
e noch nicht beantwortet, sondern es muss der weitere Nachweis
nmen, dass die Beseitigung des Factors B die Function nicht
Dieser Nachweis ist aber im gegenwärtigen Fall nicht nur nicht
, sondern zahlreiche Beobachtungen beweisen das Gegentheil. Die
e, dass die eine Bewegung begleitenden inneren Tastempfindungen
eßlich peripherischen Ursprungs seien, ist daher ebenso unzuläng-
die andere, dass sie ausschließlich centraler Natur seien. Mannig-
fahrungen machen es wahrscheinlich, dass die centralen Compo-
der die activen Bewegungen begleitenden Empfindungen in den
rungsbildern früher ausgeführter Bewegungen ihre
haben, welche jede willkürliche Bewegung theils einleiten, theils
ı. Da Erinnerungsbilder qualitativ den nämlichen Empfindungs-
ie die ursprünglichen Wahrnehmungen besitzen, so werden solche
le Kraft- und Bewegungsempfindungen unter normalen
issen vollständig mit den an Intensität stärkeren peripherischen
ungen der gleichen Art verschmelzen; sie werden aber zu selb-
r Wirkung gelangen, wenn aus irgend welchen Ursachen die peri-
en Empfindungen ausfallen. Hiernach dürfte es zweckmäßig sein,
;druck »Innervationsempfindungen« für die in Rede stehenden Em-
;en aufzugeben, weil derselbe die falsche Vorstellung erwecken
ls handle es sich hier um Empfindungen, die an und für sich und
le Beziehung zu den peripherischen Componenten der Kraft- und
ıgsempfindung die motorische Innervation begleiteten. Diese An-
die früher in der Regel mit dem Begriff der »Innervationsempfin-
verbunden wurde, ist aber sehr unwahrscheinlich. Dagegen
für die oben gegebene Deutung, nach welcher die centralen Compo-
der Tastempfindungen bei activer Bewegung lediglich der Classe
ıtralen Sinnesempfindungen (S. 284) zuzurechnen sind, ins-
re auch die Beobachtung, dass Amputirte nicht selten Vorstellungen
iven Bewegungen und Stellungen der ihnen verloren gegangenen
besitzen, welche von deutlichen Kraft- und Bewegungsempfin-
begleitet sind[1]). Da übrigens die Intensität dieser Empfindungen

[1]) EIR MITCHELL, Injuries of Nerves and their Consequences, p. 348. Angeführt
LTON BASTIAN, Brain X. p. 37 ff.

gemäß der abweichenden Lebhaftigkeit der Erinnerungsbilder eine verschiedene sein kann, so erklären sich hieraus wohl auch die man fachen Unterschiede, die das Symptomenbild der Lähmung darbieten k Ebenso ist es selbstverständlich, dass in Fällen von Lähmung, wo durch peripherische Empfindungen vermittelte Controle der ausgefüh Bewegung mangelt, die centrale Componente niemals ein Maß der wirkli Kraft und des wirklichen Umfangs der Bewegungen abgeben kann.

Hiernach sind die inneren Tastempfindungen wahrscheinlich die sultanten aus Componenten von dreierlei Art: aus Druckempfindu der Gelenke und der Haut, aus Empfindungen der Muskeln und Seh die in Folge der Muskelinnervation eintreten, und aus centralen Sin empfindungen, welche als Reproductionen aller zuvor genannten Em dungen zu betrachten sind. Unter normalen Verhältnissen ist natü eine Trennung dieser Componenten niemals, unter abnormen ist sie im nur in beschränktem Grade möglich. Aus den Erscheinungen bei gest Verbindung der Componenten und aus der Vergleichung passiver activer Bewegungen unter normalen Verhältnissen aber scheint sich zu geben, dass die Empfindungen in den Muskeln und Sehnen und die il entsprechenden centralen Reproductionen die Kraftempfindung stituiren, während die Bewegungsempfindung vorzugsweise von Gelenkempfindungen und Druckempfindungen der Haut und deren centr Wiederholungen abhängt. Alle diese Componenten der Kraft- und wegungsempfindungen scheinen aber qualitativ einander ähnlich zu was neben ihrer fortdauernden Verbindung ihre Verschmelzung in un Bewusstsein begünstigt.

Zur Erklärung der die Bewegung begleitenden Tastempfindungen w zuerst, wie es scheint, von CH. BELL die seither vielverbreitete Annahme specifischen Muskelsinns aufgestellt und dann hauptsächlich durch E. H. W ausgebildet, der denselben speciell als Kraftsinn bezeichnete und seine U scheidung von dem Tastsinn auf die feinere Empfindlichkeit für Gewichts renzen gründete [1]). Dem gegenüber hat jedoch schon J. MÜLLER hervorgeho dass hierbei möglicherweise auch eine die centrale Innervation begleitende pfindung betheiligt sein könnte [2]). Eine Stütze fand diese Vermuthung in Beobachtung der bei paralytischen und paretischen Zuständen eintretenden schungen [3]). Sie schienen ebenso sehr gegen die ausschließlich peripher

[1]) CH. BELL, Physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensys Uebers. von ROMBERG. Berlin 1836, S. 185 ff. E. H. WEBER, Art. Tastsinn und Ge gefühl, S. 582.

[2]) J. MÜLLER, Handbuch der Physiologie des Menschen, II, S. 500.

[3]) WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Leipzig 1861, S. 4 Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele, I, S. 222. A. BAIN, The senses the intellect. 2. edit. London 1864, p. 92.

Muskelempfindungen Zeugniss abzulegen, wie gegen die manchmal
ıene Annahme, dass wir an und für sich und durch die bloße Exi-
es Willens ohne jede begleitende Empfindung ein Bewusstsein unserer
n besäßen [1]. Weitere Anhaltspunkte boten dann die Bewegungsstö-
, die bei totaler oder partieller Anästhesie sich einstellen. So wird
ıngen der Hautempfindlichkeit bei erhaltener Bewegungsfähigkeit das
bild der sogenannten Ataxie hervorgerufen: man beobachtet es also
, denen die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven durchschnitten
bei Fröschen mit enthäuteten Beinen [3] und bei Menschen mit patho-
Sensibilitätsstörungen [4]. Diese Ataxie in Folge von Hautanästhesie
der Unsicherheit in der Ausführung der Bewegungen, ohne dass die
ge Coordination der letzteren oder auch nur die richtige Anpassung
rebten Zwecke ganz aufgehoben wäre. Darum lässt sich aber auch
Erscheinungen nur folgern, dass der Hautsensibilität ein gewisser
den Bewegungsempfindungen zukommt; ob und in welchem Umfange
andere Elemente bei den letzteren betheiligt sind, bleibt unsicher.
t sind daher die betreffenden Beobachtungen in entgegengesetztem
erthet worden. Während SCHIFF sie benutzte, um alle Bewegungs-
n aus Druckempfindungen abzuleiten, schlossen W. ARNOLD [5], CL.
A. aus den verhältnissmäßig gut geordneten Bewegungen enthäuteter
f die Existenz eines besonderen Muskelsinns. Gegen die Annahme
richt jedoch schon der Umstand, dass wir, wie E. H. WEBER fest-
ch die bloße Druckempfindung zwei Gewichte weniger fein zu unter-
ermögen als mittelst der hebenden Bewegung [6]. Außerdem fanden
BERNHARDT, dass bei Sensibilitätsstörungen der Haut die Empfindlich-
as Heben von Gewichten in normaler Größe fortbestehen kann [7].
achter sahen in dieser Thatsache einen Beweis für die Existenz cen-
rvationsempfindungen, um so mehr, da auch in solchen Fällen, wo
n atrophisch geworden waren und ihre elektrische Reizbarkeit ver-
n, noch die Wahrnehmung der Stellung und Bewegung der Glieder
gewissen Grade erhalten geblieben war [8]. Zum selben Ergebniss
NHARDT [9] und WALLER [10] in Versuchen an Gesunden, in denen sie
chiedsempfindlichkeit für gehobene Gewichte bei willkürlicher und
cher Erregung der Muskeln verglichen. Im ersteren Fall fand sich die
ung erheblich feiner als im zweiten, doch übertraf sie auch hier

---

DELENBURG, Logische Untersuchungen, 2. Aufl., I., S. 242. GEORGE, Lehrbuch
ogie. Berlin 1854, S. 231. Auf Grund physiologischer Versuche, auf die
urückkommen werden, vertheidigt die nämliche Ansicht J. LOEB, PFLÜGER's
I, S. 2.
P, Physiologie S. 113.
BERNARD, Leçons sur la physiol. du syst. nerv. Paris 1858, p. 254.
EN, VIRCHOW's Archiv, LXVII, S. 336 ff.
r die Verrichtungen der Wurzeln der Rückenmarksnerven. Heidelberg
ff.
Cap. VIII, S. 381.
EN, a. a. O. BERNHARDT, Archiv f. Psychiatrie, III, S. 618.
EN a. a. O. S. 330. BERNHARDT a. a. O. S. 632.
HARDT a. a. O. S. 629 ff.
WALLER, Brain, XIV, 1891, p. 229 ff. Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit
ewegungen siehe oben S. 383.

noch in Bernhardt's Versuchen die Druckempfindlichkeit der Haut, währen
Waller ungefähr dieser gleich fand. Immerhin sind in diesen Thatsachen
scheidende Beweisgründe für eine außerhalb der Bewegungsorgane gel
Quelle der Bewegungsempfindungen nicht enthalten, da bei der elektri
Reizung möglicher Weise die nebenhergehenden unangenehmen Wirkunge
elektrischen Stromes auf die Hautnerven die Unterscheidung erschweren kö
In der That ergibt sich aus den Beobachtungen Goldscheider's, dass vor
den Gelenkempfindungen sowohl bei der Auffassung der passiven wi
activen Bewegungen eine hervorragende Bedeutung zukommt, die bishe
ganz übersehen worden ist, obgleich A. Rauber schon darauf hinwies,
wahrscheinlich die in großer Zahl in der Nähe der Gelenke sich finde
Vater'schen Körperchen als die wahren Substrate des so genannten Muske
anzusehen seien [1]). Theils diese Nachweise über die Bedeutung der Gelenken
dungen, theils die Beobachtungen jener pathologischen Fälle, in dene
vollkommener Anästhesie der peripherischen Organe die willkürlichen Bewegu
nur noch durch den Gesichtssinn einigermaßen sicher regiert werden kon
haben nun viele Beobachter veranlasst, nicht nur die Existenz der sogena
Innervationsempfindungen, sondern zuweilen auch die der Muskelempfind
ganz zu bestreiten. Dabei wurden dann freilich nicht selten psycholo
Factoren von sehr zweifelhaftem Charakter zur Erklärung der Erschein
herbeigezogen. So glaubte J. Loeb [2]) aus Versuchen über die Unters
gewollter und wirklich ausgeführter Bewegungen der Arme bei verbun
Auge schließen zu dürfen, dass »die Empfindung der Größe und der Ri
unserer willkürlichen Bewegungen« nur vom Willensimpuls zur Bewe
nicht von den bei der Bewegung im thätigen Organ ausgelösten Empfin
abhänge. Seine Versuche bestanden darin, dass er die Versuchsperson
Bewegung, deren Anfangs- und Endpunkt markirt war, längs eines auf
Tafel gespannten Fadens mit der einen Hand ausführen und mit der a
Hand dieselbe Bewegung frei nachmachen ließ. Hierbei fand sich, d
verticaler Richtung die nachgeahmte Bewegung nach aufwärts an Län
nach abwärts abnahm, während auf horizontale Bewegungen nicht die E
lage, wohl aber die seitliche Ablenkung des Armes einen ähnlichen E
besaß. Da die Ergebnisse bei belastetem und unbelastetem Arm überein
mend ausfielen, so schloss Loeb, dass bei denselben die Anstrengung der M
gar keine, ihre Verkürzung oder Verlängerung aber die entscheidende W
ausübe, indem ihre Reizbarkeit mit der Verkürzung ab- und mit der Ver
rung zunehme. Nun ist aus der oben mitgetheilten Angabe ersichtl
bei diesen Versuchen die Winkeldrehung des Armes jedesmal in eine [illegible]
linige Bewegung umgewandelt wurde, sei es, dass man jene auf eine ebene
projicirte, sei es, dass eine mit ihrem Umfang wachsende Streckung [illegible]
Jedenfalls wird aber unter beiden Bedingungen nicht eine einfache [illegible]
wegung des Armes gemessen, sondern im ersten Fall eine geometrische Pr[illegible]
derselben, im zweiten eine Resultante aus ihr und einer anderen [illegible]

1) A. Rauber, Vater'sche Körper der Bänder- und Periostnerven und ihre Bez[illegible]
zum sogen. Muskelsinn. München 1865.

2) J. Loeb, Pflüger's Archiv XLI, S. 107 ff. und XLVI, S. 1 ff.

3) Letzteres Verfahren scheint nach seiner Beschreibung der Verf. [illegible]
stellung der Vergleichsstrecken in den früheren Versuchen (Pflüger's Archiv XL[illegible]
ersteres bei den späteren (ebend. XLVI, S. 6 f.) eingeschlagen zu haben.

ıg. Letzteres ist auch bei den Versuchen von MAX FALK[1]) und von ᴙᴇ[2]) der Fall, bei denen Normal- wie Vergleichsstrecke durch die Fortg eines auf Schienen laufenden Wagens hergestellt wurden[3]). Beide ıierbei übereinstimmend, dass durchgängig die Neigung bestehe, kleine ıgen bei ihrer Wiederholung zu überschätzen und große zu unter-. Resultate, die von den diesen Verfahrungsweisen anhaftenden Fehlern , lassen sich nur gewinnen, wenn erstens die Bewegungen möglichst Gelenk, also z. B. bei der Armdrehung auf das Oberarmgelenk, ıkt bleiben, und wenn zweitens die so erzielten Winkelbewegungen ɛgistrirt werden. Nach diesem Plane hat Herr A. SEGSWORTH in meinem rium nach verschiedenen Methoden Beobachtungen angestellt, von denen die nach der Methode der Minimaländerungen von ihm gemeinsam mit r. KÜLPE nach einem von dem letzteren ausgearbeiteten Versuchsplane ausn zu einem gewissen Abschlusse gelangt sind. Die Versuchsperson saß, mit ken fest angelehnt, neben einem verticalen Brett, mit der Frontalebene senk- diesem. In demselben waren in einem der Winkeldrehung im Oberarmntsprechenden Bogen in Abständen von je $\frac{1}{4}^0$ Löcher angebracht, in welche ehende Zapfen gesteckt werden konnten, durch die der Zeigefinger nach ng einer bestimmten Armdrehung festgehalten wurde. In jeder Verıe wurde nun eine Drehung, die Normaldrehung, constant gelassen und die zweite, und zwar bald die vorangehende, bald die nachfolgende, u $\frac{1}{4}^0$ in solchem Umfange variirt, dass die Unterschiedsschwelle nach ıer (S. 341 f.) erörterten Regeln vermittelst der Feststellung des Gleichnd des Ebenmerklichkeitspunktes bestimmt werden konnte. In veren Versuchsreihen wurde sowohl die Größe der Normalstrecke wie die er Bewegung variirt. Das Ergebniss war, dass bis zu einem Bewegungsvon 60^0 die absolute Unterschiedsschwelle Δr bei gleich bleibender ndigkeit der Bewegung annähernd constant blieb, und dass ebenso die ıgsdifferenz Δ, die überhaupt innerhalb der angegebenen Grenzen ɛin ist, zwar hin- und herschwankte, aber sich keineswegs in einer ten Richtung veränderte, was der Annahme von LOEB direct widerstreitet. die Auffassung der Amplituden günstigste Geschwindigkeit der Bewegung s. Bei ihr schwankte bei einem der Beobachter bei Bewegungen von ' die Unterschiedsschwelle nur zwischen 0,5 und 0,8, bei einer Geschwindig- 0,5 s. dagegen zwischen 0,8 und 1,5. Der constante Fehler Δ bewegte t zwischen $+ 0,5$ und $- 0,05$, hier zwischen $+ 0,25$ und $- 0,6$. samеren Bewegungen überwog also, wie leicht begreiflich ist, die Neir Ueberschätzung, bei schnelleren die zur Unterschätzung.

ben dem Willensimpuls hat man zuweilen auch die Dauer der Beg als den für die Auffassung derselben maßgebenden psychologischen betrachtet. Hiernach sollen wir den Umfang einer Bewegung nach der

[1] . FALK, Versuche über die Raumschätzung mit Hülfe von Armbewegungen. rpat 1890.

[2] ᴇʟᴀʙᴀʀʀᴇ, Ueber Bewegungsempfindungen. Freiburg i. Br. 1891, S. 101.

[3] ɛi diesen Versuchen musste, abgesehen von der Complication der Streckung Winkeldrehung des Armes, auch noch das Trägheitsmoment des geschobenen einen mit der Zunahme der Geschwindigkeit und des Umfangs der Bewegung den Fehler herbeiführen, durch den die vorangegangene Normalbewegung tzt werden konnte.

Größe der dazu gebrauchten Zeit abschätzen. FERRIER[1]) erblickte eine B
tigung dieser Ansicht darin, dass die langsameren Bewegungen Paretischer
von ihnen zugleich in Bezug auf ihren Umfang überschätzt werden. Zu
ähnlichen Auffassung gelangten G. E. MÜLLER und SCHUMANN[2]) durch Vers
über die Vergleichung gehobener Gewichte. Da man, wie sie nachwiesen,
Gewicht unterschätzt, wenn ein größeres, überschätzt, wenn ein kleinere
wartet wurde, und da man zugleich im ersteren Fall das Gewicht höher
zweiten weniger hoch zu heben pflegt als bei richtiger Einstellung der
merksamkeit, so schlossen sie, dass die Kraft der Bewegung hauptsächlich
der zur Förderung der Last erforderlichen Zeit geschätzt werde. Auch
Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes für Gewichtsvergleichungen führten
auf diese Ursache zurück, indem einerseits dem ebenmerklichen Gewichtsu
schied eine ebenmerkliche Differenz der Hubhöhe entspreche, anderseits
der Massenzuwachs, der eine ebenmerkliche Geschwindigkeitsänderung bew
der Größe der bewegten Masse proportional sein müsse. Aber dieser Folge
widerspricht schon die Thatsache, dass Gewichtsgrößen mit gleicher Genau
unterschieden werden können, wenn, wie dies in FECHNER's Versuchen gesch
war, überall der Umfang und die Geschwindigkeit der Bewegung co
bleiben. Auch fanden CATTELL und FULLERTON[3]) in Versuchen, in dene
die Schätzung der Unterschiede gehobener Gewichte und der Zeiten der
bung unmittelbar verglichen, dass beide Schätzungen einen ganz verschied
Verlauf darbieten, und dass die Zeitunterschiede der Erhebung viel genauer
gefasst werden als die Gewichtsunterschiede. Nicht minder wird jene Ann
durch die Ergebnisse der eben erwähnten Versuche von KÜLPE und SEGSW
widerlegt, in denen sich zwar eine bestimmte mittlere Geschwindigkeit als di
die Vergleichungen günstigste herausstellte und Abweichungen von ders
die Entstehung constanter Fehler begünstigten, wobei aber immerhin die G
dieser Fehler sehr viel kleiner blieb als die entsprechende Variation der
schwindigkeit. Dem entsprach es, dass sich in der subjectiven Beobachtung
lich die in der Anfangs- und Endlage vorhandenen Gelenkempfindungen
hauptsächlich maßgebend für die Schätzung ergaben. Uebrigens schließt
Selbständigkeit der genannten Factoren der Bewegungsvorstellung natürlich
gelegentlichen Einfluss des einen auf den andern in Folge der sich bilde
Associationen zwischen denselben nicht aus. So sind wir z. B. geneigt
Umfang einer langsamen Bewegung und die Größe eines langsam gehob
Gewichtes relativ zu überschätzen, den Umfang einer schnellen Bewegung
die Größe eines rasch gehobenen Gewichtes dagegen zu unterschätzen. Da
in der Regel kleine Gewichte schneller als große heben, und da wir zu größ
Bewegungen längere Zeit als zu kleineren nöthig haben, so werden die so
standenen Associationswirkungen für die Auffassung jeder einzelnen Bew
in gewissem Grade maßgebend sein; aber es bleibt dabei die Zeit immer
ein Factor neben andern, die mit ihr, sich wechselseitig beeinflussend,
Vorstellung der Bewegung bestimmen. Der in den Versuchen von MÜLLER
SCHUMANN beobachtete Einfluss der Einstellung endlich ist ein specieller

1) FERRIER, Functionen des Gehirns, S. 246.
2) PFLÜGER's Archiv XLV, S. 37 ff.
3) FULLERTON and CATTELL, On the Perception of small differences. Philade
1892, p. 103 ff.

erall sich bestätigenden Wirkung der Adaptation der Aufmerksamkeit:
terschätzen unerwartet kleine, und wir überschätzen unerwartet große
dazu kommt dann im vorliegenden Fall noch die Wirkung der von
ptation abhängigen motorischen Innervation, die eine relative Beschleu-
bei der Hebung unterschätzter, eine ebensolche Verlangsamung bei der
überschätzter Gewichte herbeiführt. Hierdurch wird nun allerdings,
LLER und SCHUMANN mit Recht bemerken, die Ansicht widerlegt, dass
tellung der aufgewandten Kraft lediglich von der Größe der motorischen
ion oder von einer sie begleitenden und ihr proportionalen Empfindung
. Doch ist diese Ansicht auch aus andern Gründen, namentlich mit
it auf den nachweisbaren Einfluss der Gelenk- und Hautanästhesie auf
egungsvorstellungen, unhaltbar, und es ist darum wohl von den meisten
gen, die an der Annahme der sogenannten Innervationsempfindungen
en, denselben nur eine mitwirkende, keineswegs aber eine ausschließlich
ende Bedeutung zugeschrieben worden, oder es werden sogar diese Em-
gen als bloße central ausgelöste Reproductionen von Kraft- und Bewe-
pfindungen betrachtet, wie solches bereits in der dritten Auflage dieses
geschehen ist[2]. Um jedes an den Namen sich anlehnende Missver-
s zu beseitigen, habe ich es jedoch vorgezogen, den Ausdruck »Inner-
mpfindungen« nunmehr ganz zu vermeiden und die mit diesem Ausdruck
en centralen Componenten der Bewegungsempfindungen einfach dem für
pfindungsgebiete gültigen Begriff der »centralen Sinnesempfindungen«
unterzuordnen. Dass aber bei den eigenen Körperbewegungen diese
n Componenten eine wichtige Rolle spielen, scheint mir angesichts
ier Fälle pathologischer Bewegungsstörungen, die auf andere Weise nicht
ir unter Zuhülfenahme völlig aus der Luft gegriffener psychologischer
fte erklärt werden können, unabweislich. Namentlich sind in dieser
ng die am genauesten untersuchten Localisationsstörungen bei Paralyse
rese einzelner Augenmuskeln von entscheidender Bedeutung. Wenn
. B. FERRIER, dem darin manche Andere gefolgt sind, die Empfindungen,
die Willensanstrengungen paralytischer Kranker begleiten, aus den
irlichen Mitbewegungen ungelähmter Theile ableitet, die besonders stark
chtlosen Willensanstrengungen einzutreten pflegen[3], so ist zuzugeben,
solchen Mitbewegungen ein Theil des Complexes von Empfindungen
uelle haben wird; aber zur Erklärung der Täuschungen bei der Parese
sie nicht aus. Denn es ist nicht einzusehen, wie die von anderen
herrührenden Bewegungsempfindungen trotzdem in den gelähmten
n, die manchmal weit von jenen abliegen, localisirt werden sollen:
er leisten, wie ich glaube, die überdies durch die Beobachtungen von
MITCHELL u. A. direct nachgewiesenen Erinnerungsbilder wirklicher
ngen, die nun immerhin durch jene unterstützenden Mitbewegungen an
it gewinnen werden. Ebenso wenig lässt sich z. B. bei einer Paralyse
ducens die fehlerhafte Localisation aus einer Mitbewegung des normalen

ie Erklärung dieser Erscheinung wird uns in der Lehre von der Aufmerk-
(Cap. XV, 2) zu beschäftigen haben.
d. I (1887) S. 404. Aehnlich MÜNSTERBERG (Die Willenshandlung. Freiburg i. B.
145), dessen Schrift, wie er mir brieflich mittheilt, bei dem Erscheinen meines
im Manuskript vollendet war.
ERRIER a. a. O. S. 247.

Auges erklären. Hier liegt der entscheidende Gegenbeweis darin, dass die T
schung, sobald sie bei geöffnetem normalem Auge eintritt, auf dasjenige
beiden Doppelbilder beschränkt ist, das dem paralytischen Auge angehö

Alle diese Dinge pflegen mit merkwürdiger Beharrlichkeit übersehen
werden, falls man es nicht vorzieht, gewissen psychischen Functionen, wie
Willen oder der Aufmerksamkeit, Leistungen aufzubürden, von denen abs
nicht zu begreifen ist, wie sie ohne irgend eine Empfindungsgrundlage zu sta
kommen. So sollen nach HERING[2]), dem auch G. E. MÜLLER und SCHUMA
zuzustimmen scheinen, »die Sehdinge, wenn z. B. bei Lähmung des rec
Auges die Netzhautbilder ihre Lage nicht ändern, trotzdem in demselben M
weiter nach rechts localisirt werden, als der Aufmerksamkeitsort weiter r
rechts gewendet ist«, — eine Ansicht, die mit der Meinung jener Philosoph
nach der unser Wille zur Bewegung ohne weiteres die Vorstellung der Beweg
selber hervorbringt, nahezu übereinstimmt[4]).

Augenscheinlich hat das Streben, für alle hier besprochenen inneren T
empfindungen eine möglichst einfache Grundlage anzunehmen, vieles zur
stellung solcher unhaltbaren Hülfshypothesen beigetragen. Auch macht es
rade die verwickelte Natur der hier vorliegenden Empfindungscomplexe begreifl
dass die Störungen, die in Folge centraler Functionslähmungen auftreten,
außerordentlich mannigfaltiges Bild darbieten. Dazu kommt noch der Umst
dass namentlich die reproductiven centralen Bestandtheile jener Complexe
nach individuellen Bedingungen einen verschiedengradigen Einfluss ausüben kön
wie dies die verschiedene Deutlichkeit, mit der Amputirte ihre Empfindun
in die verlorenen Glieder verlegen, wahrscheinlich macht. Legt man es
auf an, zu beweisen, dass irgend einer der muthmaßlich betheiligten Fact
der allein wirksame sei, so ist es daher nicht allzu schwer, durch pass
Auswahl aus den vorliegenden klinischen Berichten ein Beweismaterial zu Sta
zu bringen. Aber richtiger wird die Aufgabe doch dann gestellt sein, w
man sie so zu lösen sucht, dass sich aus ihr die sämmtlichen Thatsachen
normalen und der pathologischen Erfahrung widerspruchslos ableiten las
Wenn nun in Wirklichkeit unsere Bewegungsvorstellungen stets durch Asso
tion vieler Empfindungen bestimmt werden, so ist es im allgemeinen beg
lich, dass unter gewissen Bedingungen die Ausschaltung *einer* der Compone
die nämlichen Störungen herbeiführen kann, wie die Beseitigung des ga

---

1) A. GRAEFE (GRAEFE und SAEMISCH, Handbuch der Augenheilk., VI, 1, S. 22)
die hierher gehörigen Erfahrungen in den Satz zusammen: »die *Richtung*,
welcher sich das (dem paralytischen Auge angehörende) *Scheinbild von*
(vom normalen Auge herrührenden) *wahren Bilde entfernt, liegt stets in*
nach außen projicirten Wirkungsbahn des gelähmten Muskels, d. h
der Ebene, welche die Sehlinie um die Drehungsaxe desselben
schreibt«. Wenn darum W. JAMES (Psychology II, p. 506) u. A. behaupten, dass
Ablenkung des Scheinbildes von der Bewegung des *normalen* Auges herrühre
müssten sie diesem die wunderbare Eigenschaft einer gleichzeitigen *zweifac*
Richtunglocalisation zuschreiben: einer normalen, die von der wirklichen Stel
dieses Auges herrührt, und einer abnormen, die der intendirten Stellung des pa
tischen Auges entspricht.

2) HERING, HERMANN's Handb. der Physiologie III, 1, S. 535.

3) A. a. O. S. 84.

4) Vgl. oben S. 427 Anm. 1. Verwandt sind die Ansichten von W. JAMES
Faling of Effort, Mem. of the Boston Society, 1880.) Vgl. über dieselben die 3.
dieses Werkes I, S. 405 ff.

Gerade darum ist es aber falsch, wenn man bei der Beurtheilung
er Erfahrungen bloß das methodologische Princip der Ausschaltung
dagegen das Princip des directen Einflusses vernachlässigt.
die Herausnahme eines einzigen Gliedes aus einer Kette physiolo-
ıchen eine Function aufgehoben, so beweist dies freilich, dass das
ımene Glied unerlässlich, aber es beweist nicht, dass dieses Glied
sei, das überhaupt existirt. Berücksichtigt man aber alle maßgeben-
e, so wird von vornherein schon durch die physiologische Beschaffen-
wegungsorgane die Annahme einer complexen Beschaffenheit der
egung gebundenen Empfindungen in hohem Grade wahrscheinlich.
ie Gelenke, die Muskeln sind sämmtlich empfindungsfähig, und ihre
en können sämmtlich reproducirt werden und werden dies thatsäch-
l wir beabsichtigen, eine Bewegung auszuführen. Es wäre nun
ınderbar zu nennen, wenn von diesen bei der Bewegung erregten
en nur eine auf die Bewegungsvorstellung einen Einfluss besäße,
gar statt ihrer irgend eine aus ihrem Verlauf resultirende Vorstel-
ie der Zeitdauer der Bewegung, oder wenn endlich ein abstractes
ögen«, wie der Wille oder die Aufmerksamkeit, diesen Effect her-
Gegen den Versuch, alle Bewegungsempfindungen auf Gelenk-
ngen zu reduciren, ist speciell noch zu bemerken, dass die
rhandenen subjectiven Unterschiede der Empfindung bei activer und
r Bewegung für eine Betheiligung der Muskelempfindungen bei der
die Schranken treten. Die Thatsache, dass, wie GOLDSCHEIDER fand,
passive Bewegung die gleiche Unterschiedsempfindlichkeit zeigen,
keinen Gegenbeweis: es folgt aus ihr nur, dass der Umfang der
edesmal nach den Gelenkempfindungen geschätzt wird. Davon bleibt
ubjective Unterschied beider Bewegungsempfindungen unberührt.
ens die Muskeln gegen mechanische Reize empfindlich sind, zeigte
indem er bei Fröschen nach Strychninvergiftung durch directe Reizung
ı Reflexkrämpfe auslöste. Auch fanden sich nach der Durchschnei-
interen Nervenwurzeln des Rückenmarks degenerirte Fasern in ihnen,
ngekehrt nach der Durchschneidung der motorischen Wurzel nicht
kel enthaltenen Nervenfasern degenerirten. Wahrscheinlich gehören
eln Fasern nicht der Muskelsubstanz selbst, sondern den bindege-
eilen des Muskels an. Endlich fand GOLDSCHEIDER[2]) selbst, dass,
Menschen die einen Muskel bedeckende Haut durch Cocaininjection
gemacht ist, stärkere Contractionen durch den elektrischen Strom
ınden und in der Tiefe localisirt werden [3]).

ⅽCHS, Archiv f. Anatomie und Physiologie, 1874, S. 175, 491, 645.
SCHEIDER, Zeitschr. f. klin. Med. XV, S. 109.
eine Betheiligung mehrerer Factoren an dem Zustandekommen der Bewe-
dungen schließt auch A. WALLER (Brain, XIV, p. 179, XV, p. 380 ff.), indem
i, abgesehen von den oben (S. 427) erwähnten Versuchen über die Unter-
ndlichkeit der Muskeln bei willkürlicher und bei elektrischer Contraction,
h auf die physiologische Analyse der Ermüdungserscheinungen stützt.
ine Muskelgruppe so lange eine bestimmte Bewegung willkürlich ausführen,
rmüdung eingetreten ist, und erregt man dann die nämliche Muskelgruppe
iger Zeit durch maximale elektrische Reize, so fallen gleichwohl die nach
rischen Reizungsperiode wieder einsetzenden willkürlichen Zusammenzie-
ker aus als die vorangegangenen letzten Willenserregungen gewesen waren:

Zu den Tastempfindungen der Haut sowohl wie zu den Bewe
empfindungen der Muskeln stehen die Gemeinempfindungen
nächsten Beziehung. Wie diese Empfindungen von ihrer allge
Verbreitung ihren Namen tragen, so können sie sich in allen ei
Sinnesorganen mit den speciellen Sinnesempfindungen verbinden und
dies in allen innern von sensibeln Nerven versorgten Organen ents

Rechnen wir, der oben (S. 411) aufgestellten Begriffsbestin
gemäß, zur Classe der Gemeinempfindungen alle Empfindungen, die
ausschließlich subjectiven Charakter bewahren und dadurch wese
Bestandtheile des Gemeingefühls bilden, so gehören hierher zu
gewisse Tast- und Muskelempfindungen, welche zugleich den Vorth
währen, schon bei mäßiger Stärke deutlich wahrnehmbar zu sei
dadurch eine etwas genauere Untersuchung zu gestatten. Von Seite
Tastorgans sind dahin zu rechnen das Kitzeln, Schaudern, Jucken,
beln u. s. w. Jede dieser Empfindungen hat ihre eigenthümliche q
tive Beschaffenheit, wenn sich auch eine Verwandtschaft mit bestin
Druck- oder Temperaturempfindungen nicht verkennen lässt. Imm
dürfte diese hauptsächlich darauf beruhen, dass bestimmte Tastreiz
den Druck- und Temperaturempfindungen zugleich Gemeinempfind

während der elektrischen Reizung ist also in einem gewissen Grade Erholung f
Willenseinfluss eingetreten. Ja es scheint sogar, wie die Umkehrung dieser Ve
anordnung zeigt, während einer Reihe willkürlicher Contractionen eine Erholu
die directe elektrische Reizung der Muskeln eintreten zu können. Zweifellos is
nach anzunehmen, dass die Ermüdung nicht bloß ein peripherischer Process is
dern dass sie zugleich auf Veränderungen in den Innervationscentren der M
beruht. Indem nun WALLER von der Voraussetzung ausgeht, dass die Function
der Nervensubstanz überall eine gleichartige sei, und dass es demnach eine spe
motorische und eine specifisch sensorische Substanz nicht gebe, schließt er au
obigen Ergebnisse, dass auch die Empfindungen der Ermüdung und der Anstre
gleichzeitig einen peripherischen und einen centralen Ursprung haben, und da
letztere mit dem der Bewegungsinnervation zusammenfalle. Aber so sehr ich g
bin dem Grundgedanken dieser Beweisführung, dass es nirgends eine specifische
tionsweise der nervösen Elementartheile gebe, beizupflichten, so scheint es mir
dass in derselben das nicht minder bedeutsame Princip der »Verbindung der Elem
theile« (S. 235) nicht zureichend beachtet ist. Insbesondere machen es die in n
Zeit gewonnenen Aufschlüsse über die morphologischen Substrate der Leitung
tungen und über die Existenz centrifugal-sensorischer Leitungsbahnen (
u. a.) wenig wahrscheinlich, dass die nämlichen Elemente der Großhirnrinde
denen die centrifugale motorische Innervation ausgeht, auch die Träger von Beweg
empfindungen seien. Wohl aber wird man es als wahrscheinlich annehmen d
dass jene centromotorischen Elemente mit centrosensorischen in Verbindung s
welche letztere daher ebensowohl durch die peripherischen Reize der die Bewe
begleitenden Vorgänge wie durch den centralen Reiz der motorischen Innervatio
regt werden können. Auf diese Weise würde es sich zugleich erklären, dass di
genannte »Innervationsempfindung« psychologisch das Erinnerungsbild einer wirkl
Bewegungsempfindung ist. Dass aber jene centromotorischen und centrosensoris
Elemente, zwischen denen eine derartige Wechselwirkung vorauszusetzen ist,
ander auch räumlich naheliegen, ergibt sich allerdings aus den Ermittelungen
die Localisation der Haut- und Bewegungsempfindungen in der Großhirnrinde.
ap. IV, S. 157).

der schwache Druck eines weichen Körpers z. B. die Kitzelem-
der Kältereiz die Schauderempfindung u. dergl. Dies weist schon
ı, dass die Gemeinempfindungen auch in solchen Fällen, wo sie
bestimmten Sinnesorgan zu entstehen scheinen, dennoch eine
gewöhnlichen Sinnesempfindungen verschiedene Quelle haben. In
bemerken wir, dass eine Empfindung immer dann zu dem Ge-
l in nähere Beziehung tritt, wenn sie von mehr oder weniger
eten **Mitempfindungen** begleitet ist. So scheinen die Empfin-
es Kitzelns, Juckens, Ameisenlaufens u. s. w. wesentlich darauf
n, dass eine beschränkte, meistens sehr schwache Tastempfin-
sich über eine größere Hautfläche ausbreitet, bald an ganz
Stellen ähnliche schwache Tastempfindungen hervorruft. Jede
ieser Empfindungen würde als eine bloße Tastempfindung anzu-
ein, sie alle zusammen constituiren aber eine Gemeinempfindung.
andern Sinnen, namentlich von dem Gehörssinne aus, können
Gemeinempfindungen des Tastorgans angeregt werden. So be-
gende und klirrende Geräusche oder der Anblick gewisser Haut-
en bei den meisten Menschen in geringem und bei manchen in
rade eine kriebelnde Hautempfindung, an der man deutlich eine
Ausbreitung bemerken kann. In allen diesen Fällen sind zu-
kelempfindungen betheiligt; namentlich aber bilden diese einen
en Bestandtheil bei jener Empfindung des Schauderns, welche
Kälteeinwirkungen und nicht selten auch andern Sinneseinwir-
folgen pflegt. Die Ausbreitung der Erregungen geschieht offenbar
esen Fällen auf dem Weg des Reflexes, so dass die Gemeinem-
zu einem großen Theil aus **Reflexempfindungen** bestehen,
ils direct durch Uebertragung von sensibeln auf sensible Fasern,
ect durch das Mittelglied von Reflexbewegungen, an welche dann
findungen gebunden sind, zu Stande kommen [1]. Hieraus geht
s in den peripherischen Nervenausbreitungen nur die nächste
sursache, die eigentliche Quelle der Gemeinempfindungen aber
vencentren gelegen ist, nach deren Zuständen daher auch er-
näß das Verhalten dieser Empfindungen vorzugsweise sich
lbst die Ermüdungsempfindung der Muskeln zeigt diese Eigen-
Ausbreitung und charakterisirt sich dadurch als eine Gemein-
: an der starken Ermüdung eines einzelnen Gliedes betheiligen
rigen Muskeln des Körpers durch eine schwächere Empfindung
r Beschaffenheit. Es ist wahrscheinlich, dass es sich hier sogar
ne peripherische Projection von Empfindungen handelt, deren

[1] ierzu S. 179 Anm.

eigentlicher Sitz ein centraler ist. Denn jene sympathische Ermü
anderer Bewegungsorgane ist aus den Zuständen der Muskeln selb
keiner Weise zu erklären, sie erklärt sich aber leicht, wenn man er
dass an dem durch eine einzelne Muskelgruppe geleisteten Kraftverb
das Centralorgan mit seinem gesammten Energievorrath betheiligt ist
dieser Beziehung reihen sich hier alle jene Gemeinempfindungen
welche für die Regulation gewisser Lebensvorgänge von unerlässl
Bedeutung sind: so die Hunger- und Durstempfindung, die Empfin
des Luftmangels von den mäßigen Graden normalen Athembedürfniss
bis zur intensivsten Athemnoth. Alle diese Empfindungen sind nach
lich nur zum geringsten Theil von den peripherischen Organen abhä
in denen sie localisirt werden; sie sind aber gebunden an bestimmte
stände der Blutmischung, von denen wir annehmen müssen, dass s
den zugehörigen Nervencentren Erregungen auslösen, welche theils un
kürliche Bewegungen, theils Empfindungen und durch diese willkü
Bewegungen hervorrufen, die zur Unterhaltung der betreffenden Funct
geeignet sind.

Eine hervorragende Classe der Gemeinempfindungen sind die Schm
empfindungen. Jede Gemeinempfindung und jede gewöhnliche Si
empfindung wird, wenn sie eine bestimmte Stärke erreicht, zum Schm
Dieser zeigt daher ebenso viele qualitative Formen und Färbungen
die Empfindung selbst. Es gibt schmerzhafte Tasteindrücke, Gerä
und Lichtreize; ebenso zeigt der Schmerz der innern Organe locale
schiedenheiten, die unter den Bezeichnungen brennend, stechend, rei
bohrend u. dergl. in der Pathognomonik der Organe eine gewisse
spielen. Anderseits besitzt aber freilich der Schmerz, von welchem
er auch ausgehen möge, einen übereinstimmenden Charakter, so dass s
bei den eigentlichen Sinnesempfindungen die specifischen Unterschied
so mehr sich ausgleichen, je mehr sie der Schmerzgrenze sich näh
Es scheint daher, dass nicht sowohl die Schmerzempfindung selbst als
Intensität, ihre Ausbreitung und ihr zeitlicher Verlauf jene charakte
schen Unterschiede bedingen. So werden wir einen Schmerz stec
nennen, wenn er räumlich beschränkt ist und plötzlich eine große I
sität erreicht, brennend, wenn er in gleichförmiger Stärke über eine gr
Fläche sich ausbreitet, reißend, wenn er allmählich zu seinem Maxi
anwächst, bohrend, wenn er zwischen gewissen Grenzen der Inte
hin- und herschwankt. Diese Gleichartigkeit des Schmerzes erklärt
wohl daraus, dass er wahrscheinlich überall in Erregungsvorgängen
Empfindungsnerven selbst, nicht besonderer Endapparate derselben
peripherische Quelle hat, worauf auch die gleichförmige Verbreitung
Schmerzempfindlichkeit über das ganze Tastorgan und über die sens

lbst hinweist. Die große Intensität des Schmerzes dagegen, mit
ıgleich der später (in Cap. X) zu besprechende intensive Gefühls-
selben zusammenhängt, ist wohl durch die umfangreiche Aus-
es Reizungsvorganges in der centralen grauen Substanz bedingt,
die schon früher erwähnten Leitungswege der Schmerzeindrücke
(S. 111).

veiteren Eigenthümlichkeiten der Schmerzempfindung erklären
alls aus dem centralen Sitz der Erregungen. Hierher gehört vor
Ausstrahlung der Empfindung in zahlreichen Mitempfindungen,
lgemeinen mit der Stärke des Schmerzes zunimmt und das
le Subject vollständig über den Sitz des Schmerzes täuschen
er die langsame Entstehung und Leitung der Schmerzerregungen.
annt, dass bei Verwundungen der Haut oder anderer sensibler
rst nur ein Tasteindruck empfunden wird, dem dann merklich
nählich wachsend und sich ausbreitend, die Schmerzempfindung
Diese Unterschiede sind, wie G. BURCKHARDT [1]) fand, schon unter
Verhältnissen deutlich nachzuweisen. Noch entschiedener treten
wissen Erkrankungen des Rückenmarks hervor, welche mit Er-
en der Leitung verbunden sind. Wenn man solchen Kranken
applicirt, so empfinden sie anscheinend momentan die Be-
während der Schmerz erst nach 1—2 Secunden percipirt wird [2]).
nzfall dieses Verhaltens bildet die nicht selten bei hysterischen
nd in hypnotischen Zuständen beobachtete Erscheinung, dass
nur die Tastempfindung entsteht, die Schmerzempfindung aber
ein Zustand, der ähnlich auch durch die anästhetischen Betäu-
l oder, wie früher erwähnt, bei Thieren auf vivisectorischem
ch die Trennung der grauen Rückenmarkssubstanz bei Erhal-
veißen Markstränge herbeigeführt werden kann [3]). Unter diesen
ist es begreiflich, dass die pathologische Beobachtung den
r Schmerzempfindung geradezu als ein Symptom aufzufassen
auf centrale Störungen schließen lässt [4]). Zugleich wird hier-
allmähliche Steigerung und Ausbreitung des Schmerzes, ohne

ɪʀᴄᴋʜᴀʀᴅᴛ, Die physiologische Diagnostik der Nervenkrankheiten. Leipzig
2.
ᴏғғ, Die Verlangsamung der Schmerzempfindung bei Tabes dorsalis. Diss.
'4. LEYDEN, Klinik der Rückenmarkskrankheiten. ZIEMSSEN's Handbuch
seltenen Fällen ist auch das Gegentheil beobachtet worden, nämlich lang-
ıng der Tast- als der Schmerzeindrücke. Es dürfte sich hierbei vielleicht
gische Zustände des Rückenmarks handeln, welche den der Strychninver-
nden ähnlich sind. Auch bei der letzteren beobachtet man enorme Unter-
Leitungsgeschwindigkeit für schwache und starke Reize. Siehe oben S. 269
Jntersuchungen zur Mechanik der Nerven, II, S. 70 ff.
oben S. 110.
ᴛ, Recherches sur la sensibilité, p. 284.

dass doch der peripherische Reiz eine Veränderung erfährt, erklärt
Denn diese Thatsache fügt sich vollständig den Erscheinungen der S
mation der Erregungen und der Steigerung der Erregbarkeit, die wir fr
kennen lernten[1]). Je mehr aber solche Erscheinungen auf allgeme
Eigenschaften der centralen Substanz beruhen, um so weniger rechtfert
sie die zuweilen aufgetauchte Annahme eines specifischen Schmerzcentrum
Wie alle Sinneserregungen der Leitung zu den sensorischen Theilen
Hirnrinde bedürfen, wenn sie zu bewussten Empfindungen werden so
so wird dies freilich auch mit den Schmerzerregungen der Fall sein,
es ist durchaus kein Grund dazu gegeben, für den Schmerz etwa
besondere centrale Sinnesfläche in Anspruch zu nehmen und so eine
specifischer Sinnesqualität aus ihm zu machen. Vielmehr spricht die
fahrung durchaus dafür, dass der Schmerz nur die heftigste Erreg
irgend welcher sensorischer Theile anzeigt, welche zugleich die
fangreichsten Miterregungen anderer Theile in Anspruch nimmt.
ebenso wenig ein zureichender Grund vorliegt, in den peripheris
Organen besondere, von den eigentlichen Sinnesnerven verschie
Schmerzfasern vorauszusetzen, die ihre eigenen Leitungswege einschl
und ihre besonderen Leitungsgesetze besitzen, wurde an einer an
Stelle bereits erörtert[3]). Alle diese Anschauungen sind nicht sowohl d
die Erfahrung entstanden, als aus dem Princip der specifischen En
entwickelt, und sie werden daher hinfällig, sobald man dieses Princi
der einseitigen Fassung aufgibt, in der es so lange Zeit die Sinnesl
beherrscht hat.

2. Geschmacks- und Geruchsempfindungen.

Die Untersuchung der Empfindungen der beiden niederen chemis
Sinne bietet dadurch Schwierigkeiten, dass Geschmacks- und Geruch
drücke in der Regel zusammen einwirken und zu complexen Vorstellu
verschmelzen, aus denen nur die Geschmacksempfindungen durch
schaltung des Geruchsorgans mit Sicherheit getrennt werden können.
kommt, dass sich die Geschmacksempfindungen immer, die Geruchsem
dungen wenigstens zuweilen mit Erregungen der Tastnerven der Z
und der Nasenschleimhaut verbinden, so dass es bei gewissen Em
dungen fast unmöglich ist, denjenigen Antheil, der als reine Geschma
und Geruchsqualität übrig bleibt, zu isoliren.

1) S. Cap. VI, S. 267.
2) Richet a. a. O. S. 296.
3) Cap. IV, S. 110 f.

einfache Geschmacksqualitäten sind jedenfalls sauer, itter und salzig zu betrachten. Zu ihnen kommen dann noch sch und metallisch, von denen aber zweifelhaft ist, ob sie spe- Geschmacksempfindungen oder Verbindungen einer der vorigen empfindungen sind[1]. Mischungen dieser Empfindungen kommen nannigfaltigsten Weise vor; dagegen scheinen Variationen der ein- Qualitäten, also verschiedene Nüancen des sauer, süß u. s. w. zu denn man ist nicht im Stande, verschiedene Säuren, süße Stoffe, ffe u. dergl. zu unterscheiden, sofern nicht charakteristische Mi- n mit andern Geschmäcken oder mit Geruchsempfindungen hinzu- [2]. Durch die Verbindung mit charakteristischen Tastempfindungen zugsweise ausgezeichnet der saure, alkalische, salzige und bittere ck. Die Säuren bewirken die Empfindung des Adstringirenden, durch die Reizung der Schleimhaut, der submucösen Muskel- und der kleinen Gefäßmuskeln veranlasst, wahrscheinlich zum skelempfindung ist. Die Alkalien erzeugen in Folge der schnellen g der oberflächlichen Epithelschichte eine eigenthümliche Empfin- s Weichen, die übrigens aus dem gleichen Grunde auch bei con- n organischen Säuren neben der adstringirenden Empfindung nen kann. Im Gegensatze zu dieser mehr directen Wirkung auf roffenen Gewebe scheinen Salze und Bitterstoffe, wenn sie in irterer Form zur Anwendung kommen, hauptsächlich reflectorische ngen der Schlingmuskeln und begleitende Muskelempfindungen rufen. Die Empfindung des Ekels ist eine Gemeinempfindung, auch auf andere Weise entstehen kann, vorzugsweise aber an bittere und salzige Geschmackseindrücke gebunden ist. So weit in diesen Geschmacksempfindungen selbst besteht, ist der Ekel einlich eine Muskelempfindung, deren Ausbreitung und Verlauf durch peristaltischen Bewegungen der Schlingmuskeln sowie des Oeso- und Magens bestimmt wird[3]). Wie bei allen Gemeinempfindungen, en aber auch hier reflectorische Uebertragungen auf andere Theile Folge dessen Mitempfindungen verschiedenen Grades stattfinden: gehören die Haut- und Muskelempfindungen, welche durch die ion der Blutgefäße des Antlitzes sowie durch die Erregung der secretion hervorgerufen werden, die Empfindungen allgemeiner hwäche, welche die bei hohen Graden des Ekels stattfindende

v. Vintschgau (Pflüger's Archiv, XX, S. 225 ff., Hermann's Lehrbuch III, 2. nd Oehrwall (Scandin. Archiv f. Physiol. II. S. 1 ff.) erkennen nur sauer, süß, l salzig als besondere Qualitäten an. Ein einigermaßen sicherer Beweis für chränkung ist aber bis jetzt noch nicht erbracht.

rin, Bull. de l'Ac. de Belg. XIV, p. 616.

Stich, Annalen des Charité-Krankenhauses in Berlin, VIII, 1858, S. 22 ff.

reflectorische Hemmung der Muskelspannungen begleitet. Als eine bei
sehr starken Geschmacksreizen vorkommende Begleitung von Seiten
Tastsinns ist endlich eine stechende Empfindung zu erwähnen, die
je nach der Beschaffenheit des Reizes zu einer mehr oder weniger sta
Schmerzempfindung steigern kann. Wir haben in dieser Empfindung w
scheinlich ein Reizsymptom zu erblicken, welches von der chemis
Einwirkung auf die sensibeln Nerven selbst herrührt.

Eine äußere Erregung von Geschmacksempfindungen auf anderem V
als durch chemische Reizung der Endorgane der Geschmacksnerve
nicht nachgewiesen. Die zuweilen aufgetauchte Behauptung, dass me
nischer Druck auf die Zunge saure oder bittere Geschmacksempfindu
hervorbringe [1]), beruht vielleicht auf einer subjectiven Täuschung, w
durch die Association mit bestimmten Tastempfindungen entstanden ist. V
man z. B. durch Druck auf die Zungenwurzel Würgbewegungen und E
empfindung erzeugt, so kann sich damit die Empfindung des Bittern,
des vorzugsweise ekelerregenden Geschmacks, associiren. Der elektr
Strom erzeugt zwar Geschmacksempfindungen, die am negativen Pol a
mein als sauer, am positiven bald als alkalisch, bald als metallisch
selbst bitter angegeben werden; aber der Beweis ist nicht geliefert,
hierbei eine von der Ausscheidung elektrolytischer Zersetzungsproc
unabhängige Geschmackserregung stattfinde [2]). Auch der Umstand,
die Empfindung selbst unter Umständen nicht fehlt, unter welchen
der Oberfläche der Zunge solche Zersetzungsproducte nicht nachzuw
sind, ist hier nicht maßgebend, da möglicherweise die Ausscheidung
Elektrolyten im Innern der Geschmacksorgane die chemische Reizung
wirken kann. Durch die isolirte Reizung einzelner Papillen mit Induct
strömen lässt sich aber keine Geschmacksempfindung hervorbring
Angesichts dieses negativen Resultates ist der mehrfach gemachte Vers
die Verhältnisse des Geschmackssinnes zu einem Beweis für die specif
Energie der Sinnesnerven zu verwerthen, offenbar als gescheitert zu
trachten. Vielmehr sprechen alle Beobachtungen dafür, dass hier
überall die eigenthümliche Qualität der Empfindung nur in den Endorg
und unter der Einwirkung der Reize, denen das Sinnesorgan ange
ist, zu Stande kommt. Dagegen zeigen Versuche mit örtlich beschrän
Application der Geschmacksstoffe, dass die einzelnen Theile der Zu
eine verschiedene Empfindlichkeit gegenüber den verschiedenen Geschma
eindrücken besitzen, und zwar wird an der Spitze der Zunge süß, an

1) Vgl. v. VINTSCHGAU, HERMANN's Physiologie III, 2, S. 188.
2) ROSENTHAL, Archiv für Anatomie und Physiologie 1860, S 217. v. VINTSC
PFLÜGER's Archiv, XX, S. 81. HERMANN, ebend., XLIX, S. 519 ff.
3) OEHRWALL a. a. O. S. 63.

sauer, an der Wurzel bitter am feinsten empfunden. In dem
er verschiedenen Empfindlichkeit scheinen aber mannigfache
e Unterschiede vorzukommen. Ebenso zeigen dann in jedem der
Gebiete wieder die einzelnen isolirt gereizten Papillen gegen-
einzelnen chemischen Geschmacksreizen eine verschiedene
. So fand man z. B. gewisse Papillen durch Weinsäure,
durch Zucker reizbar, während sich andere umgekehrt ver-
Da jedoch bei zureichender Concentration des Geschmacksstoffes
e durch jeden Geschmacksreiz erregbar zu sein scheint, so lässt
s ein sicherer Schluss auf die specifischen Endorgane für die
Geschmacksqualitäten nicht ziehen, wenn es auch schon aus
en Gründen wahrscheinlich ist, dass in den Schmeckbechern
szellen von abweichender chemischer Erregbarkeit vorkommen.
iese Unterschiede den oben aufgeführten vier Tastqualitäten ent-
oder ob jede Endzelle auf verschiedene Eindrücke in verschie-
reagiren kann und nur die Reactionsfähigkeit gegenüber den
chemischen Einwirkungen eine verschiedene ist, bleibt völlig
lt. Endlich scheint der Geschmackssinn darin dem Gesichtssinn
zu sein, dass gewisse seiner Qualitäten theils Contrastem-
gen sind, die sich wechselseitig verstärken, theils complemen-
findungen, die sich in Mischungen aufheben können[2]).

mangelhafter als unsere Kenntniss der Qualitäten des Geschmacks
er Geruchsempfindung. Die Zahl wohl unterscheidbarer
gen scheint hier ungleich größer zu sein; doch sind wir auch
Falle nicht im Stande, die einzelnen Qualitäten in Beziehungen
er zu bringen. Diese Unbestimmtheit findet ihren Ausdruck
die Sprache nicht für eine einzige Geruchsempfindung einen
gen Ausdruck geschaffen hat, sondern uns nöthigt, die Gerüche
Stoffen zu nennen, von denen sie herrühren. Solche Stoffe sind
Gase oder Dämpfe. Feste oder flüssige Substanzen riechen nur,
ie verdampfbar sind, und die Stärke der Geruchsempfindung
h dann theils nach der eigenthümlichen Wirkungsfähigkeit der

wall, a. a. O. S. 46.
ner in meinem Laboratorium von Herrn F. Kiesow ausgeführten, aber noch
Abschluss gelangten Untersuchung ergab sich die Nothwendigkeit, beim
sinn contrastirende und complementäre Reize zu unterscheiden,
zusammenfallen können, aber nicht, wie beim Gesichtssinn (vgl. unten
er zusammenfallen. So sind: 1) Salzig und Süß contrastirend und comple-
Salzig und Sauer, Süß und Sauer contrastirend, aber nicht complementär.
astiren Salzig und Sauer, ebenso wie auch Salzig und Süß, sowohl bei simul-
kung auf verschiedene wie bei successiver auf die nämlichen Schmeckstellen;
uer dagegen contrastiren nur bei successiver Einwirkung. 3) Salzig und
und Bitter, Sauer und Bitter endlich verhalten sich weder contrastirend
ementär.

Stoffe auf das Geruchsepithel, theils nach der Größe ihrer Verdamp
keit. Bei den intensivsten Riechstoffen, den Aethern und ätheri
Oelen, den aromatischen Substanzen, Campherarten, verbinden sich
beiden Eigenschaften. Absolut geruchlos sind aber unter allen Gasen
Dämpfen vielleicht nur die atmosphärische Luft und ihre Bestandt
Der Wasserdampf z. B., der in geringen Mengen nicht riecht, bewir
größeren eine deutliche Geruchsempfindung. Anderseits ist es zweife
ob Geruchsreize empfunden werden, wenn sie nicht in gas- oder da
förmigem, sondern in flüssigem Zustand mit der Nasenschleimhaut in Be
rung kommen[1]).

An eine Classification der Geruchsqualitäten ist bei unserer ma
haften Kenntniss ihrer wechselseitigen Beziehungen nicht zu denken.
kann höchstens versuchen, die riechenden Substanzen nach der Aehn
keit der Gerüche, die sie erzeugen, in gewisse Classen zu bring
Hierbei ergibt sich dann im allgemeinen, dass chemisch verwandte
auch ähnliche Gerüche hervorbringen. Die auffallendsten Ausnah
die dieser Satz erleidet, sind wahrscheinlich immer entweder durch
mischung der Geruchs- mit Geschmacksempfindungen oder mit Reizu
der sensibeln Tastnerven der Nasenschleimhaut verursacht. So ist zwei
von dem süßlich-fauligen Geruch des Schwefelwasserstoffs nur das Fa
als Geruch, das Süßliche aber als Geschmacksempfindung anzusehen. F
wird überall, wo wir die Bezeichnung stechend für einen Geruch
brauchen, die Vermengung mit einer Empfindung der Tastnerven a
nehmen sein; alle stechenden Gerüche scheinen uns aber als solche
wandt, wie z. B. der Geruch des Ammoniak und der Kohlensäure
solchen Fällen kann sich die eigentliche Geruchsempfindung sehr vers
den verhalten, sie wird jedoch, namentlich wenn sie schwach ist, d
die begleitende Tastempfindung, die sich zuweilen bis zum Schmerze
gern kann, zurückgedrängt. So ist schon der Geruch des Ammonia
vorwaltendem Maße Tastempfindung, und die begleitende Geruchsem
dung scheint derjenigen der übrigen kaustischen Alkalien sehr ähnlic
sein; bei der Kohlensäure verschwindet der Geruch sogar völlig hinter
Einwirkung auf die Tastnerven. Diese letztere ist es auch, welche je
ihrer Intensität in verschiedenem Grade die Reflexbewegung des Nie
auslöst, wodurch sich dann noch eine Muskelempfindung mit den üb
Elementen complicirt. Die eigentlichen Geruchseindrücke scheinen d

1) E. H. WEBER, Tastsinn und Gemeingefühl, S. 499. v. VINTSCHGAU, HERM
Physiologie, III, 2, S. 257 f. Im Gegensatz zu diesen Angaben fand allerdings ARO
(Arch. f. Physiologie, 1886, S. 321 ff.), dass Geruchsstoffe empfunden wurden,
sie in verdünnter Kochsalzlösung mit der Nasenschleimhaut in Berührung kamen.
da alle Geruchsstoffe verdampfbar sind, so bleibt der Einwand möglich, dass bei s
Versuchen Dämpfe der Flüssigkeit in den Riechraum eindrangen.

2) FRÖHLICH, Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.-naturw. Cl. 1851, VI, S

als hervorzubringen, denn man findet ihn nur, wo jener soge-
hende Geruch vorhanden ist.

nack und Geruch werden hiernach als unentwickelte Sinne
werden können, insofern bei beiden die unterscheidbaren Quali-
nvollkommen in wechselseitige Beziehungen zu bringen sind,
es Vermengungen dieser Empfindungsarten unter einander und
pfindungen fortwährend stattfinden. Jeder dieser Sinne bietet
icht fest bestimmbare Zahl eigenthümlicher Empfindungsquali-
über deren Relationen wir kaum etwas wissen, die wir aber
faltigsten Verbindungen mit einander eingehen sehen. Eine
vollkommenheit ist uns schon bei den Haut- und Gemeinempfin-
gegnet; doch wird dieselbe hier deshalb minder bemerklich,
ualitativ unsicheren Unterschiede sofort in bestimmte Vorstel-
r die räumlichen und zeitlichen Verhältnisse der Eindrücke
zen. Wollten wir uns diese Empfindungssysteme, ähnlich wie
mit den Ton- und Lichtempfindungen geschehen wird, geo-
rsinnlichen, so würden die einzelnen selbständigen Qualitäten
ander getrennte Raumelemente darzustellen sein, die gegen-
e dieser Elemente würde aber im allgemeinen unbestimmbar
solchen Fällen, wo zwei Empfindungen in allen möglichen
n mischbar sind, würde die Gesammtheit der Mischempfindungen
die ursprünglichen Raumelemente verbindende Gerade darzu-
; auch die Lage dieser Geraden bliebe aber wegen der mangeln-
ung zu andern einfachen Empfindungsqualitäten unbestimmbar.
ilden in jedem dieser Empfindungssysteme diejenigen Grund-
en, die nicht auf Mischungen zurückgeführt werden können,
rete Mannigfaltigkeit von unbekannter Anordnung,
eren Elementen aber alle möglichen stetigen Uebergänge, den
u variirenden Mischempfindungen entsprechend, vorkommen

3. Schallempfindungen.

eriodischen Bewegungen der Luft, welche sich im Gehörorgan
egungen umsetzen, nennen wir im allgemeinen Schall. Wie
schen Bewegungen, so können auch diese in regelmäßigen oder
näßigen Perioden vor sich gehen. Bei der regelmäßigen perio-
hallbewegung befindet sich die Luft in Schwingungen, deren
iner gegebenen Zeit immer gleich viele von gleicher Form auf
lgen; bei der unregelmäßig periodischen Schallbewegung können
en Schwingungen in Dauer und Form beliebig verschieden sein.
sich nun aber alle, auch die unregelmäßig periodischen Schwin-

gungen der Luft aus regelmäßig periodischen zusammengesetzt de
Dies lässt sich am leichtesten durch unmittelbare Zusammenfügung
Anzahl regelmäßig periodischer Wellenzüge zeigen, die beliebig
einander herlaufen. Sind die Excursionen der oscillirenden Luftthe
nicht zu groß, was bei den Schallschwingungen im allgemeinen v
gesetzt werden darf, so erhält man die resultirende Bewegung, di
der Interferenz mehrerer Schwingungen hervorgeht, wenn man di
cursionen, welche die einzelnen Wellenzüge für sich zu Stande b
würden, addirt. Auf diese Weise ist in Fig. 116 durch Additio
punktirten und der unterbrochenen Curve die ausgezogene Welle
erhalten worden: die letztere hat eine unregelmäßig periodische
während jede der beiden ersten eine regelmäßig periodische Bew
darstellt. Da der Schall in der Form rasch auf einander folgender
dichtungen und Verdünnungen durch die Luft fortschreitet, so ist
gewonnene Construction natürlich nur ein Bild: man hat sich an Stell
Wellenberge verdichtete, an Stelle der Wellenthäler verdünnte Sch
der Luft vorzustellen und überdies zu erwägen, dass jede solche Ve
tungs- und Verdünnungswelle nicht in einer Richtung, sondern
allen möglichen Richtungen, also in Form einer Kugelwelle sich fortp
bei welcher die einzelnen Verdichtungen und Verdünnungen in co
trischen Kugelschale
einander folgen. D
durch Addition ver
denartiger regelmäß
riodischer Schallw
züge, die sich, w

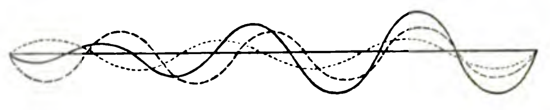


Fig. 116.

Fig. 116, beliebig durchkreuzen, alle möglichen unregelmäßig periodi
Wellenformen zu erhalten sind, so ist klar, dass auch umgekehrt jed
liebige unregelmäßig periodische Welle in eine Anzahl regelmäßig
dische aufgelöst werden kann. Diese Zerlegung, die scheinbar bloß
mathematische Fiction ist, hat in der Natur der periodischen Beweg
ihre gute Begründung. Jedes Massetheilchen, dessen Gleichgewicht
eine momentane Erschütterung gestört wird, muss nämlich in regelmä
Perioden um seine Gleichgewichtslage schwingen. Denken wir un
viele solche Erschütterungen in beliebiger Richtung auf einander fol
so wird die resultirende Bewegung keine regelmäßige mehr sein kö
aber sie wird sich immer in eine Anzahl regelmäßig oscillirender
gungen auflösen lassen, weil sich eben die ganze Reihe unregelmä
Anstöße aus einzelnen zusammensetzt, deren jeder regelmäßig perioc
Oscillationen verursachen würde.

Wirken regelmäßig periodische Schallschwingungen auf unser Oh

en sie eine Empfindung, die wir als Klang bezeichnen, wogegen
urch eine unregelmäßig periodische Luftbewegung hervorgerufene
ng Geräusch nennen. Alle regelmäßig periodischen Bewegungen
rner in solche zerlegt werden, die dem einfachsten Gesetz
g periodischer Schwingungen, dem Gesetz unendlich kleiner
chwingungen folgen. Das Pendel bewegt sich fortwährend
nd dieselbe Gleichgewichtslage. Denken wir uns nun, ein Punkt
nach dem Gesetz des Pendels hin und her, derselbe werde aber
vorwärts bewegt, sodass seine Gleichgewichtslage fortschreitet,
ibt der Punkt eine einfache oder pendelartige Schwingungscurve,
stehung man sich auch in folgender Weise versinnlichen kann.
e sich einen Punkt in der um c (Fig. 117) beschriebenen Kreis-
gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt und einen Beobachter
gestellt, der den Kreis nur von der Kante, nicht von der Fläche
kann. Es wird dann diesem Beobachter der in der Kreislinie
e Punkt so erscheinen, als ob er nur längs des Durchmessers ab

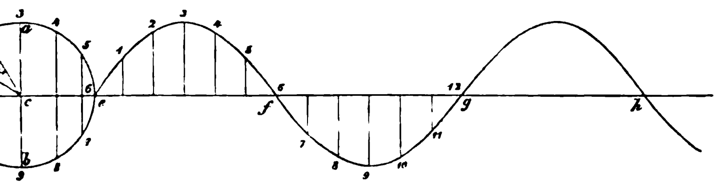


Fig. 117.

abstiege: seine Bewegung wird aber dabei genau das Gesetz
els innehalten[1]). Um eine fortschreitende pendelartige Schwin-
zustellen, theile man nun den einer ganzen Wellenlänge ent-
en Raum eg in ebenso viele gleiche Theile wie die Peripherie
es (hier in 12), und mache die Lothe auf den Theilpunkten der
der Reihe nach gleich denen, die in dem Kreis von den ent-
en Theilpunkten 1, 2, 3 u. s. w. gefällt sind: die Curve efg,
ese Lothe verbindet, ist dann eine einfache, pendelartige Schwin-
e.

periodische Schwingungsform lässt sich aus einer bestimmten
nfacher Schwingungscurven von der hier dargestellten Form zu-
tzen. Aber damit die resultirende Schwingungsform eine regel-

---

t man von c aus Radien nach den Punkten 1, 2 u. s. w., so entsprechen
t, t' den verflossenen Zeiträumen, und es ist, wenn man mit r den Radius
beschriebenen Kreises bezeichnet, $m = r \,.\, \sin t$, $n = r \,.\, \sin (t + t')$ u. s. w.,
ntfernung der Punkte 1, 2 u. s. w. von der Gleichgewichtslage ist propor-
Sinus der verflossenen Zeit. Wegen dieser mathematischen Beziehung werden
rtigen Schwingungen auch Sinusschwingungen genannt.

mäßig periodische sei, müssen die Wellenlängen der einfachen Schwi-
gungen, welche addirt werden, in einem einfachen Verhältnis
stehen. Setzen wir die Wellenlänge der langsamsten Schwingungen =
so müssen also die Wellenlängen der schnelleren Schwingungen, die
ihr addirt werden, = $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ u. s. w. sein. Im entgegengesetzten F
wird die Schwingungsform eine unregelmäßig periodische wie in Fig. 1
Es lässt sich leicht durch Construction zeigen, dass man auf diese We
die verschiedenartigsten regelmäßig periodischen Schwingungsformen a
einfach pendelartigen zusammensetzen kann, wenn man die Länge u
Höhe der einzelnen Theilschwingungen wechseln lässt, je nachdem a
z. B. die geradzahligen oder die ungeradzahligen Schwingungen übe
wiegen oder auch ganz wegfallen. Die Periode der Schwingungsfo
bestimmt sich dabei stets nach derjenigen Theilschwingung, welche
größte Wellenlänge besitzt. So sind in Fig. 118 verschiedene Schwi
gungsformen von gleicher Wellenlänge abgebildet. Die ausgezogen
Curven stellen die resultirenden Schwingungen, die unterbrochenen
einfachen, aus denen jene zusammengesetzt sind, dar. Die Form A
eine der häufigste
sie wird erhalte
wenn sich ein Ton
einem etwas schw
cheren von der do
pelten Schwingung
zahl verbindet. Au
die Form B ist nic
selten: sie entspric
solchen Klängen, b
denen jeder Ton
einem schwächer

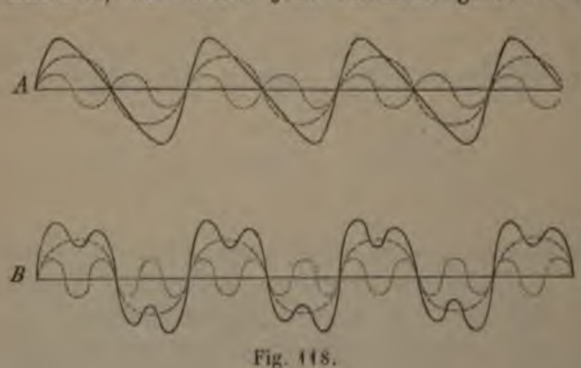
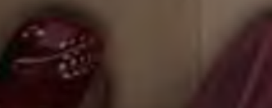


Fig. 118.

von der dreifachen Schwingungszahl vereinigt ist. Da auf diese We
alle möglichen regelmäßig periodischen Schwingungsformen durch A
dition aus pendelartigen Schwingungen erhalten werden können, so
klar, dass auch umgekehrt jede beliebige regelmäßig periodische Schwi
gungsform in einfache zerlegbar sein muss. Diese Zerlegung ist ebenfa
keine bloße Fiction, sondern in der Natur begründet. Jedes Theilche
dessen Gleichgewicht erschüttert wird, vibrirt nämlich, vorausgese
dass seine Bewegungen nicht gestört werden und die Schwingung
amplitude sehr klein bleibt, in pendelartigen Schwingungen. Werd
nun viele Theilchen gleichzeitig oder successiv in vibrirende Bewegung
versetzt, so können durch Addition ihrer Bewegungen die Schwingung
eine verwickeltere Form annehmen, auch wenn sie regelmäßig periodis



ber sie müssen doch immer in die einfachen Schwingungen sich
ssen, aus denen sie ursprünglich hervorgegangen sind.
endelartigen Bewegung der Lufttheilchen entspricht eine Klang-
g, die sich durch ihre Einfachheit auszeichnet: wir nennen
inen einfachen Klang oder einen Ton. In einem gewöhn-
ammengesetzten Klang, der auf einer regelmäßig periodischen,
nmengesetzten Luftbewegung beruht, lassen sich in der Regel
eben einander klingende Töne deutlich unterscheiden: unter
hnet sich der tiefste stets durch größere Stärke aus, nach ihm,
lton, wird daher auch die Tonhöhe des Klangs bestimmt. Er-
ird diese Klanganalyse durch Resonatoren, welche man vor
hält, abgestimmte Röhren oder Hohlkugeln, deren Luftsäulen
se durch diejenigen Schwingungen in Bewegung gesetzt werden,
Eigenton entsprechen [1]). Hat man erst mittelst eines solchen
einen schwachen Ton, der einen einzelnen Bestandtheil einer
Empfindung bildet, wahrgenommen, so gelingt es dann leichter,
hne Hülfsmittel zu unterscheiden. Auf diese Weise ergibt sich,
Klang aus einer Anzahl einfacher Töne besteht, aus dem
n, welcher die größte Stärke hat und daher die Tonhöhe des
timmt, und aus einer gewissen Zahl von Obertönen, denen
drei-, vierfache u. s. w. Schwingungszahl entspricht. Die ver-
Stärke und Zahl dieser Obertöne ist es, von der die Klang-
der musikalischen und anderer Klänge abhängt. Ueberdies sind
ge von Geräuschen begleitet, die aber (z. B. das Kratzen der
n, das Zischen der Orgelpfeifen u. s. w.) in die eigentliche Klang-
cht eingehen. Das Ohr zerlegt somit den zusammengesetzten
z ebenso in einfache Klänge oder Töne, wie der objective
gsvorgang sich aus einer Anzahl einfach pendelartiger Schwin-
sammensetzt. Die stärkste dieser pendelartigen Schwingungen
das Ohr als den Grundton des Klangs, die schwächeren als die
Dieselbe Analyse erstreckt sich bis zu einem gewissen Grade
ie Geräusche. In den meisten Geräuschen vermögen wir deut-
ne Klänge zu unterscheiden. Niemals aber lässt sich ein Ge-
lständig in einzelne Töne auflösen, sondern neben den etwa
lbaren Tönen von bestimmter Höhe bleibt hier stets eine eigen-
je nach der Beschaffenheit des Geräusches wechselnde Empfin-
ehen. Ihre physiologische Unterlage bilden wahrscheinlich
unregelmäßige, nicht in pendelartige Schwingungen sich zer-
rschütterungen des Hörnerven, anderseits, wie schon früher

[1]) ...oltz, Lehre von den Tonempfindungen. 4. Aufl., S. 73.

(S. 312) erwähnt, die in allen Gehörorganen, auch in solchen, die ni
gesonderten Aufnahme einfacher Schwingungen geeignet sind, vorkomm
cilientragenden Sinnesepithelzellen[1]. Bei weitaus den meisten Ge
empfindungen werden demnach auch die Klangapparate betheilig
die, sobald sie in ganz unregelmäßige Bewegungen gerathen, zwa
Tonempfindungen mehr vermitteln, darum aber doch ihre Erregung
die Hörnervenfasern übertragen können. Wahrscheinlich bildet da
reine Geräuschempfindung nur einen Grenzfall, der in den entwi
Gehörorganen nur äußerst selten vorkommt[2].

Unsere Schallempfindungen folgen also in dieser Beziehun
dem Verlauf der äußeren Reizbewegung: die gleichmäßig anda
Schwingungsbewegung empfinden wir als stetigen Klang, die u
mäßig wechselnde als unstetiges Geräusch; die regelmäßig peri
Schwingungsbewegung, den Klang, zerlegen wir in die pendel
einfachen Schwingungen, die Töne, aus denen sie besteht, und
einem gewissen Grade, insoweit nämlich begleitende Tonempfin
existiren, sogar die unregelmäßig periodische Bewegung, das Gerä
regelmäßig periodische Schwingungen, Klänge. Man könnte denke
hat dies in der That zuweilen geglaubt, diese Analyse entspreche in
gewissen Sinne zwar der Zergliederung, wie sie mathematisch aus
werden kann, nicht aber einer in der Natur vorhandenen Sch
Denn hier existiren nur die zusammengesetzten Schwingungsbahn
Theilchen, nicht die einzelnen pendelartigen Schwingungen. Denno

1) Die meisten Physiologen betrachten in neuerer Zeit nach dem Vorga
HELMHOLTZ das Geräusch als eine Summe unregelmäßig sich störender Tonempfin
Diese Ansicht beruht aber, wie ich glaube, auf einer unberechtigten Ueb
der physikalischen Analyse der Geräusche auf die Empfindung. Auch wenn
EXNER (PFLÜGER's Archiv XIII, S. 228) und BRÜCKE (Wiener Sitzungsber., 3. A
S. 199) die Identität der ton- und der geräuschempfindenden Apparate im Ohr a
so ist damit immer noch nicht die Behauptung gerechtfertigt, das Geräusch
Summe sich störender Tonempfindungen. Die von BRÜCKE geltend gemachten
tischen Schwierigkeiten liegen nicht in der Sache selbst, sondern nur in de
thümlichen Forderungen, die dieser Autor vom Standpunkte einer strengen Durch
des Princips der specifischen Energie aus an die besonderen Endorgane der G
empfindung stellt. Es ist nicht abzusehen, warum jedem qualitativ versc
Geräusch ein besonderes Endorgan entsprechen müsste, weil es vollkommen
ist, dass die Erregungsform der nämlichen Endorgane mit der Form des err
Geräusches wechselt. In diesem Sinne wird man daher annehmen dürfen,
der Erzeugung stärkerer Geräuschempfindungen neben den Schwingungen de
der Hörzellen stets auch unregelmäßige Erschütterungen aller Tonapparate
sind. Dass übrigens die früher (S. 298, 306 ff.) erörterten morphologischen Ver
des Gehörapparats und seiner Entwicklung für eine gewisse Trennung der Gerä
den Klangempfindungen sprechen, hat PREYER mit Recht hervorgehoben. (PREY
stische Untersuchungen. Jena 1879, S. 88.) Dagegen geht dieser Autor entsch
weit, wenn er annimmt, die Klangapparate besäßen überhaupt keinen Anthei
Geräuschempfindung.

2) Am ehesten dürfte das hauchende Geräusch, wie es z. B. schwingen
jenseits der unteren Grenze empfindbarer Töne hervorbringen, hierher zu rechn

n in der zusammengesetzten Bewegung insofern enthalten, als
lich aus Anstößen hervorgeht, von denen jeder einzelne eine
endelartige Schwingung erzeugen würde. Das Ohr analysirt
ings vollkommener als das Auge, welches z. B. bei Beobachtung
erwelle von einer solchen Addition der Schwingungen nichts
, aber es legt nichts in den objectiven Vorgang hinein, was
esem selbst schon enthalten wäre.
harakter von einfachen Klängen oder von Tönen im physiologi-
e haben nur wenige der auf musikalischem Wege erzeugbaren
mehr oder minder vollständigem Grade, und selbst bei solchen
velche, wie die der Stimmgabeln auf Resonanzräumen oder der
n der Orgel, objectiv ziemlich genau pendelartigen Schwingun-
echen, können möglicher Weise im Gehörorgan schwache Mit-
gen der auf harmonische Obertöne abgestimmten Theile entstehen.
iden also wahrscheinlich niemals Töne ganz frei von Klangfarbe,
infache Ton ist in diesem Sinne nur ein Gegenstand der Ab-
lem aber allerdings gewisse Klänge in hohem Grade sich nähern.
n Klänge jedoch besitzen schon vermöge ihrer objectiven Ent-
eise eine entschiedene Klangfarbe, d. h. es ist in ihnen ein
nit schwächeren Obertönen von der 2-, 3-, 4-fachen Schwingungs-
v. gemischt. Durch die geringe Stärke dieser Obertöne unter-
sich die Klänge von den Zusammenklängen, die durch
e Erzeugung mehrerer Klänge entstehen, und deren einzelne
ile völlig oder nahezu die gleiche Stärke besitzen. Da wir
der Empfindung den Klang in seine Theiltöne zerlegen können,
keine scharfe Grenze zwischen dem zusammengesetzten Klang
Zusammenklang. Der Umstand jedoch, dass die Obertöne eines
e bedeutendere Höhe im Verhältniss zum Grundton besitzen als
n Theilklänge eines Accords, und dass sie von viel geringerer
d, unterscheidet in der Regel beide hinreichend scharf von ein-
n Klang empfinden wir noch als *eine* Qualität und erst bei
fmerksamkeit und Uebung erkennen wir die zusammengesetzte
elben. Diese Klangqualität ist in den mittleren Tonhöhen und
en im allgemeinen am deutlichsten ausgeprägt. Bei den tiefsten
d der Grundton zu schwach im Verhältniss zu den Obertönen,
öchsten überschreiten die letzteren die Grenzen der Wahrnehm-
Vird ferner ein Klang schwach angegeben, so verschwinden die
ärbung bestimmenden Obertöne theilweise; bei sehr starken
agegen werden dieselben so stark, dass die für die Klangfärbung
tischen Unterschiede meistens undeutlicher sind. Je höhere
endlich einen Klang begleiten, um so geringer werden die rela-

tiven Unterschiede ihrer Schwingungszahlen. Bei Klängen, welch
und starke Obertöne enthalten, werden daher ähnliche Erscheinung
beim Zusammenklingen nahe bei einander liegender Grundtöne beob
es entstehen scharfe Dissonanzen der Obertöne, die, wie bei der Tr
und andern Blechinstrumenten, eine schmetternde Klangfarbe hervorb
Andere Unterschiede des Klangs entstehen je nach dem Ueberwieg
gerad- oder ungeradzahligen Obertöne. Klänge, die bloß aus geradz
Partialtönen mit den Schwingungsverhältnissen 2, 4, 6 u. s. w., ode
aus ungeradzahligen Partialtönen 1, 3, 5, 7 u. s. w. bestehen, zeig
Vergleich mit jenen, welche die ganze Reihe der Obertöne 2, 3, 4, 5, 6
ten, eine eigenthümlich mangelhafte Beschaffenheit der Klangfärbung,
doch zu bestimmten Zwecken ästhetischer Wirkung Anwendung finden k

Unsere Tonempfindung hat eine untere und eine obere Grenze.
langsame Schwingungen empfindet das Ohr noch als einzelne Luft
aber nicht mehr als Ton, sehr schnelle bilden ein continuirliches zi
des Geräusch. In beiden Fällen hört also nicht die Gehörsempfi
überhaupt auf, sondern sie verliert nur ihren Charakter als Klang
Bestimmung der Schwingungszahlen, bei denen dies eintritt, hat Schw
keiten, die theils experimenteller Natur sind, theils in der Beschaff
unserer Empfindung liegen. Offenbar handelt es sich nämlich hier
um scharfe Grenzen, und die tiefsten Töne verlieren namentlich dann
Klangcharakter, wenn die Schallschwingungen nicht die hinreichende
besitzen. So beruht die Angabe, dass erst bei 28—30 oder gar e
40 Doppelschwingungen[2]) ein Ton gehört werde, zweifellos auf d
wendung allzu schwacher Klangquellen. Nach Bestimmungen a
unten (S. 471) zu erörternden Differenz- und Stoßtönen großer
pfeifen oder an sehr großen Stimmgabeln und schwingenden Stäben
die untere Tongrenze bei 8—10 Doppelschwingungen angenommen wer
Als obere Grenze fand PREYER[4]) mittelst sehr kleiner Stimmgabeln
Ton von 40960 Schwingungen (das *e* der achtgestrichenen Octave).

---

1) Beispiele von Klängen mit vorwiegend ungeradzahligen Obertönen bie
Clarinette und Bratsche mit ihrer näselnden Klangfärbung; bloß geradzahlige O
enthalten die Klänge der Saiten, wenn sie in einem Dritttheil ihrer Länge gezup
gestrichen werden. Vgl. Cap. XII.

2) HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen. 4. Aufl., S. 293.

3) Auf Grund der Versuche mit Differenztönen habe ich schon in der erste
lage dieses Werkes (1873) diese Grenze angenommen. Eine große Stimmgabel,
von Herrn A. APPUNN in Hanau erhielt, lässt sich durch Laufgewichte auf 14 S
gungen bringen und zeigt dabei einen vollkommen deutlichen Ton. Neuerdi
endlich APPUNN einen schwingenden Stab hergestellt, an dem noch 8—10 Schwin
als Ton wahrzunehmen sind (A. APPUNN, Ueber Wahrnehmung tiefer Töne. Hana
Hiernach sind auch die Grenzbestimmungen von PREYER, Akustische Untersuc
S. 1 ff.), der nach seinen Versuchen 16 Doppelschwingungen (das Subcontra-C) als
Grenze annahm, noch etwa um eine Octave zu hoch.

4) PREYER, Die Grenzen der Tonwahrnehmung, S. 18.

ze scheint aber noch überschritten zu werden; übrigens sind
h die individuellen Unterschiede ziemlich bedeutend; auch sind
n Töne schmerzhaft für das Ohr.
der absoluten Reizschwelle für die Intensität eines Tons lässt
eine solche für die Tonqualität bestimmen, insofern man hier-
geringste Zahl von Schwingungen versteht, die erforderlich ist,
Ton von bestimmter Höhe in seiner Einwirkung auf das Ohr den
er zu verleihen. Grenzbestimmungen dieser Art lassen sich
indem man entweder die Schwingungen einer Stimmgabel nur
ner genau messbaren Zeit auf das Ohr einwirken lässt[1]), oder
objectiv Luftstöße erzeugt, die nur während einer sehr kurzen
nander folgen[2]). In den nach diesen verschiedenen Methoden
PFAUNDLER und KOHLRAUSCH ausgeführten Versuchen ergab es
unter günstigen Umständen zwei Schwingungen zur Erkennung
arakters genügten, während eine viel größere Zahl, durch-
etwa 16 Schwingungen, erforderlich war, um die Tonhöhe
zu können. Die während einer längeren Zeit fortgesetzten Ver-
R. SCHULZE zeigten jedoch, dass namentlich der letztere Zahlen-
ohem Grade von der Uebung abhängig ist, und dass bei maxi-
ng nicht nur die zur Erkennung des Toncharakters erforderliche
gszahl mit der zur Erkennung der Tonhöhe erforderlichen zusam-
ondern dass auch diese Minimalzeiten unter günstigsten Bedin-
en Werth zwischen einer und zwei Schwingungen, und
önen von verschiedener Tonhöhe, erreichen können[3]).

, PFLÜGER's Archiv, XIII, S. 228. Nach demselben Princip hat in jüngster
SCHULZE in meinem Laboratorium Versuche ausgeführt, bei denen die
urch wesentlich verbessert war, dass der Ton der Stimmgabel aus einer vor
gebrachten Resonanzröhre mittelst eines unter dem Boden geführten Kaut-
hes in ein entferntes Zimmer zum Ohr des Beobachters geleitet wurde,
Zeit der Einwirkung des Tones durch ein schweres Pendel, das eine in
eingeschaltete sich bewegende Hahnvorrichtung öffnete und alsbald wieder
u regulirt werden konnte. Die erkannte Tonhöhe wurde durch Nachsingen
ephonisch dem Experimentator mitgetheilt.
DLER, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 2. Abth., LXXVI, S. 561. W. KOHL-
EMANN's Ann., X, S. 1.
eispiel für die erreichbare Minimalzeit und zugleich für den Erfolg der
hier die von einem musikalisch wohlgeschulten Beobachter (O. K.) in
denen Uebungsperioden (I, II, III) gewonnenen Zahlen angeführt. Unter der
he ist der einwirkende Ton nach seiner Schwingungszahl, der erkannte durch
ensymbol angegeben. Wo dieser nach der Tonleiter angegebene über oder
bjectiven Tone liegt, ist dies durch ein beigefügtes + oder — angedeutet.

e	Zeitdauer in Sec.	Zahl der Schwingungen.	Corr. Werthe.
)	0,05	5	5,5—5,7
)	0,025	6	6,6—6,8
)	0,01	3,6	4 —4,1
5	0,05	3,2	3,5—3,6
8	0,01	2,88	3,2—3,3

Zwischen den angegebenen Grenzen der tiefsten und der hö
wahrnehmbaren Töne stuft die Tonempfindung vollkommen stetig si
Die Stelle, die in dieser stetigen Reihe von Empfindungsqualitäte
einzelne Ton einnimmt, bezeichnen wir als Höhe desselben. Die
kalische Scala greift aus der unendlichen Zahl stetig abgestufter To
bestimmte Intervalle heraus, die zu den objectiven Schwingungszahl
Töne in der constanten Beziehung stehen, dass gleiche Inte
gleichen Verhältnissen der Schwingungszahlen entspre
Die musikalische Scala substituirt auf diese Weise dem stetigen Con
der Tonhöhen ein discretes, indem sie die Uebergänge zwische
einzelnen von ihr ausgewählten Tonstufen überspringt. So ist
ganzen musikalischen Scala das Verhältniss der Schwingungszahlen

für die Octave	1 : 2,	für die Quarte	3 : 4,
für die Duodecime	1 : 3,	für die Sexte	3 : 5,
für die Quinte	2 : 3,	für die große Terz	4 : 5,
		für die kleine Terz	5 : 6.

Diese Verhältnisse bleiben ungeändert, wie auch die absoluten Schwin
zahlen sich ändern mögen. Wir sind im Stande, sehr genau und ohn
Vorbereitung die Intervalle der Tonhöhe wiederzuerkennen, während
Uebung nöthig ist, um die absolute Tonhöhe zu bestimmen. Letzte
darf stets einer genauen, durch häufige Wiederholung der Tonein
geleiteten Wiedererinnerung, während die Gleichheit oder der Unte
zweier Tonintervalle, selbst wenn dieselben verschiedenen Höhen de
kalischen Scala angehören, unmittelbar in der Empfindung sich au
Aus demselben Grunde kann die absolute Stimmung eines musika
Instrumentes beträchtlich variiren, ohne dass wir dies wahrnehmen
rend wir geringe Abweichungen von jenen regelmäßigen Interval
gleich empfinden. Stellen wir uns demnach die Tonreihe als eine
Linie vor, auf der gleiche Abschnitte gleichen Intervallen der musika
Scala entsprechen, und errichten wir darauf Ordinaten, die den zugel
Schwingungszahlen proportional sind, so ist die Curve, welche die
punkte der Ordinaten verbindet, analog der Curve des WEBER'sch
setzes (Fig. 114, S. 401), eine logarithmische Linie. Wird unter
Voraussetzung mit H die Tonhöhe, mit S die Schwingungszahl d

	Tonhöhe	Zeitdauer in Sec.	Zahl der Schwingungen.	Corr.
III	$C + 64$	0,025	1,6	
	$B + 117{,}5$	0,014	1,65	1,8
	$fis + 187$	0,008	1,5	1,6

Die corrigirten Werthe der letzten Columne sind aus den unmittelbaren Versuc
der vorletzten unter Berücksichtigung des arithmetischen Mittels der Beobachtu
Ablesungsfehler gewonnen worden.

ns und mit b diejenige des tiefsten Tons der Tonreihe, mit K
Constante bezeichnet, so ist

$$H = K \cdot log.\ nat.\ \frac{S}{b}.$$

früher (S. 402) festgestellten Sinn der Maßformel bedeutet hier b
llenwerth des Reizes, d. h. die Schwingungszahl, bei welcher
findung beginnt. Man kann aber dafür auch diejenige Schwin-
vählen, bei der man die Tonreihe willkürlich beginnen lässt:
lann mit Veränderungen des Werthes von b nur die Constante K
rthe an [1].

Thatsachen haben der Vermuthung Raum gegeben, für die Em-
er Tonhöhen in ihrer Beziehung zu den Schwingungszahlen der
as nämliche Gesetz maßgebend, welches die Empfindungsinten-
hrer Beziehung zu den Reizstärken beherrsche. Denn die An-
eint nahe zu liegen, gleiche musikalische Tonintervalle seien
nterschieden der Tonqualität äquivalent. Unter dieser Voraus-
rde aber in der obigen Gleichung die Größe H die Bedeutung
uten Empfindungsgröße annehmen, und die Gleichung selbst
e Subsumtion der Tonhöhen unter diejenige Auffassung des
n Gesetzes bedeuten, welche in ihm einen unmittelbaren Ausdruck
ziehung zwischen Reiz und Empfindung erblickt. Aber da die
g der musikalischen Intervalle zunächst nicht von unserer unmit-
npfindung der Tonqualitäten, sondern von den im nächsten Ab-
p. XII) zu erörternden Bedingungen der Harmonie und Dishar-
Töne abhängt, so ist jene Annahme nicht bindend, sondern sie
Prüfung durch die directe Untersuchung unserer Höhenunter-
der Töne.

Prüfung kann wieder mittelst der verschiedenen psychophy-
ßmethoden (S. 336 ff.) vorgenommen werden. Hierbei zeigt zu-
mittelst der Methode der Minimaländerungen vorgenommene
g der Unterschiedsschwelle für zwei dem Einklang nahestehende
s der Gehörssinn in der qualitativen Unterscheidung der ihm
Reize alle andern Sinne weit übertrifft. In den mittleren
musikalischen Scala können selbst von dem Ungeübten successiv
e Töne unterschieden werden, die nur um wenige Schwin-
der Secunde differiren, ja ein geübtes Ohr vermag den Unter-
erkennen, wenn er nur Bruchtheile einer Schwingung beträgt [2].

[1] Erste, der die Logarithmen auf das Verhältniss der Töne anwandte, war
amen novae theoriae musicae. Petrop. 1739, p. 73. Vgl. auch HERBART,
onlehre. Werke, VII, S. 224 ff. Eine Berechnung der Logarithmen aller
angewandten Schwingungszahlen hat SCHUBRING geliefert. (SCHLÖMILCH, KAHL
Zeitschr. f. Mathematik u. Physik, XIII. Suppl. S. 105.)

[2] Vergleichung successiv angegebener Töne ist unerlässlich, weil bei dem

Dies zeigt die folgende von PREYER gegebene Zusammenstellung eini
Versuche verschiedener Beobachter, in welcher s und s' die Schwingun
zahlen der beiden verglichenen Töne sind, $d = s - s'$ die absolute Unt
schiedsschwelle und $r = \frac{s}{d}$ die relative Unterschiedsempfindlichkeit
zeichnet[1].

Beobachter		s	s'	d	r[1]
DELEZENNE		120,209	119,791	0,418	287
SEEBECK		440	439,636	0,364	1212
PREYER	{	500,3	500	0,300	1666
	{	1000,5	1000	0,500	2000

Zugleich ergibt diese Reihe, dass, im Widerspruch mit der Forder
des WEBER'schen Gesetzes, nicht die relative Unterschiedsempfindlichkei
sondern eher die absolute bei verschiedenen Tonhöhen annähernd c
stant bleibt. Doch erstrecken sich diese Versuche auf zu wenig Tonhö
und sind überdies, insoweit sie von verschiedenen Beobachtern herrühr
nicht direct mit einander vergleichbar.

Vollkommen überzeugend ergaben dagegen Versuche, welche E. Lu
nach der Methode der Minimaländerungen ausführte, dass die rela
Unterschiedsempfindlichkeit von den tiefen zu den hohen Tönen zu
rasch und dann langsamer zunimmt, während die absolute Unterschie
empfindlichkeit zuerst wächst, dann innerhalb der mittleren Tonhö
nahezu vollkommen constant bleibt, um bei den hohen Tönen abern
abzunehmen. Dabei fand sich die Unterschiedsschwelle wesentlich klei
nur etwa halb so groß als in PREYER's Versuchen. Hiernach können
den mittleren Höhen der musikalischen Scala successiv erklingende T
noch unterschieden werden, wenn ihr Unterschied $^1/_4$—$^1/_5$ einer Schwing
beträgt[3]). Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der Schätzungen ei
Beobachters (LUFT). d_o bedeutet die obere, d_u die untere, d die mittl
Unterschiedsschwelle, $r = \frac{s}{d}$ die relative Unterschiedsempfindlichkeit; u
v_o und v_u sind die mittleren Variationen der Schätzungen d_o und d_u an
geben. Die Versuche sind mit Stimmgabeln auf Resonanzräumen ausgefü
deren eine, die Normalgabel, unverändert blieb, während die andere,

gleichzeitigen Erklingen Schwebungen entstehen, an denen sich der Höhenuntersch
der Töne auch dann verräth, wenn er nicht unmittelbar in der Empfindung aufge
wird. Vgl. unten S. 466 ff.

1) PREYER, Die Grenzen der Tonwahrnehmung, S. 26 ff.

2) E. LUFT, Phil. Stud. IV, S. 511 ff.

3) Musikalisch geübte und ungeübte Beobachter verhalten sich in dieser Bezieh
nachdem erst die unerlässliche Versuchsübung vorübergegangen ist, vollkommen gle
abgesehen natürlich von Fällen abnormer Unempfindlichkeit. Der große Werth, wel
in früheren Beobachtungen auf das Moment der musikalischen Uebung gelegt wu
hat hier wie in andern Fällen lediglich in der Art der Ausführung derselben, bei de
zu einer erheblichen Versuchsübung überhaupt nicht kommen konnte, seinen Gru



sgabel, durch ein an einer Millimetereintheilung verschiebbares
ht verstimmt werden konnte. Die Einflüsse der Zeitlage sind in
etheilten, aus 16 Versuchen gewonnenen Zahlen durch Mittel-
liminirt worden.

d_o	d_u	v_o	v_u	d	r
0,151	0,147	0,027	0,032	0,149	430
0,168	0,150	0,047	0,035	0,159	805
0,202	0,261	0,061	0,052	0,232	1103
0,230	0,272	0,040	0,046	0,251	2040
0,256	0,179	0,101	0,081	0,218	4697
0,376	0,347	0,144	0,158	0,362	5657

Verthe von d zeigen, dass innerhalb der musikalisch und nament-
den Gesang am häufigsten verwendeten Tonhöhen von 256 bis
wingungen die absolute Unterschiedsschwelle fast völlig con-

ger als für Töne, die vom Einklange aus gegen einander verstimmt
st im allgemeinen die Unterschiedsempfindlichkeit für musika-
ntervalle; doch kann sie für die Octave bei musikalisch Geübten
nklangs nahe kommen oder diese sogar übertreffen, während Quinte,
. Terz u. s. w. eine in zunehmendem Maße geringere Unterschieds-
hkeit zeigen. Dies ergibt sich aus den folgenden von J. Schisch-
n Stimmgabelklängen in einer mittleren Tonlage (zwischen 256
Schwingungen) für die untere Schwelle gewonnenen Werthen:

Octave	Quinte	Quarte	Gr. Sexte	Gr. Terz
0,464	0,253	0,262	0,345	0,326

Kl. Terz	Gr. Secunde	Kl. Sexte	Kl. Septime	Gr. Septime
0,392	0,399	0,498	0,501	0,619

übrigens die musikalische Uebung von größerem Einfluss als bei
schiedsempfindlichkeit für den Einklang. Auch finden sich, wie
yer[2]) fand, in der Reihenfolge namentlich der mittleren Inter-
obigen Reihe (Quarten, Terzen, Sexten) individuelle Unter-

die musikalischen Intervalle Tonstrecken bilden, deren Wieder-
g in den zuletzt erwähnten Versuchen in Bezug auf ihre Genauig-
ıft wird, so können nun aber auch Tonstrecken eingetheilt
indem man sich die Aufgabe stellt, zwischen zwei gegebenen
beliebiges Intervall entfernten Tönen t und h einen Ton m' zu
er als der mittlere zwischen t und h empfunden wird. Solche
n von Tonstrecken sind wieder am leichtesten bei den durch

schmanow, Phil. Stud. V, S. 558 ff.
yer, Die Grenzen der Tonwahrnehmung, S. 38 ff.

musikalische Erfahrung geläufigsten Intervallen vorzunehmen; sie
aber nach einiger Uebung leicht auch von solchen ausgeführt, di
musikalischen Bildung entbehren, und sie können auch dann vorgen
werden, wenn die Töne t, h und m' keine musikalischen Interva
einander bilden. In den letzteren Fällen bieten sie dann den
dar, dass die Tonschätzungen von dem Einfluss der Gewöhnung
stimmte Intervalle frei sind, also ein zuverlässigeres Bild der na
reinen Empfindung vorgenommenen Eintheilung der Tonstrecken a
Offenbar besteht die Ausführung dieser Versuche lediglich in einer
tragung der Methode der mittleren Abstufungen auf die Tonqualität
den Einfluss der Zeitlage eliminiren zu können, bediente sich C. L
in seinen zahlreichen, sich über ein weites Tongebiet (von 32 b

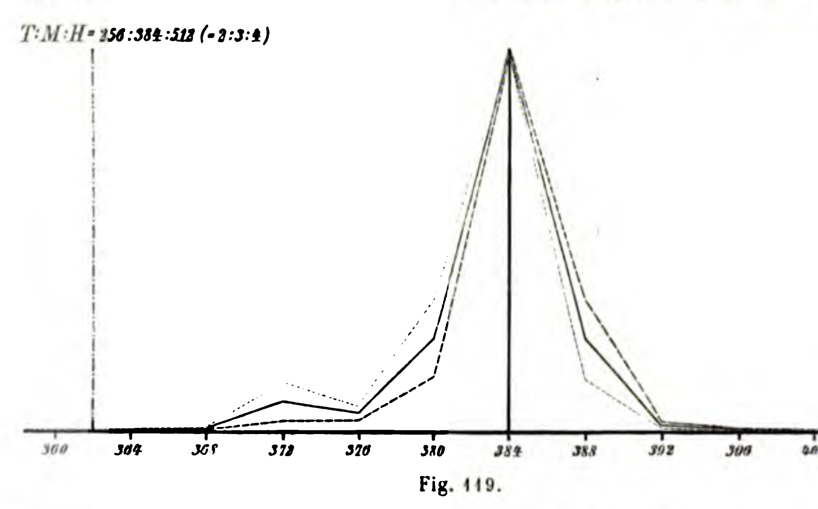
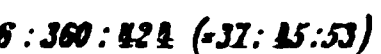


Fig. 119.

Schwingungen) erstreckenden Versuchen des Verfahrens der unregelm
Variation des mittleren Reizes (S. 345). Demnach wurde in jeder Ve
gruppe zwischen einem constant bleibenden tiefen und hohen Ton, t
ein mittlerer m_v, welcher variabel war, bald in der Richtung $t\,m_v$
in der entgegengesetzten $h\,m_v\,t$ eingeschaltet, und auf diese Wei
jenige Ton m' bestimmt, welcher nach dem Ergebniss aller Schät
der Mitte zwischen t und h entsprach. Selbstverständlich sind ü
solche Eintheilungen hier, ebenso wie bei der Intensitätsmessung d
pfindungen, nur möglich, so lange der Umfang der Tonstrecken ei
wisse Grenze nicht überschreitet: entfernen sich t und h um m
etwa 2 Octaven von einander, so wird eine genaue Schätzung unm

1) C. LORENZ, Phil. Stud. VI, S. 26 ff.

ieser Grenzen zeigt sich nun, dass die geschätzte Tonmitte m'
klichen absoluten Tonmitte m entweder vollständig oder doch
zusammenfällt, immer aber von der nach der Abstufung der
n Tonintervalle zu erwartenden relativen Tonmitte erheblicher
iese Thatsache bestätigt sich nicht nur dann, wenn die Töne t, m, h
Intervalle bilden, sondern auch wenn sie in einem beliebigen
nischen Verhältnisse zu einander stehen; nur pflegt im ersteren
htige Mitteschätzung genauer zu sein als im zweiten. Die in
d 120 graphisch wiedergegebenen Resultate zweier Versuche
ichen dieses Verhältniss. Die Schwingungszahlen sind auf einer
ie aufgetragen, die Höhe der zugehörigen Ordinate entspricht
igen Procentzahl von Mitteschätzungen, die ausgezogene Verti-



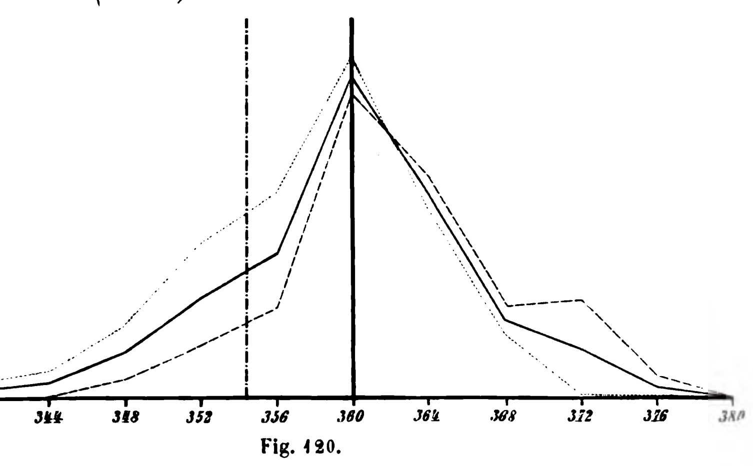


Fig. 120.

absoluten, die unterbrochene der relativen Mitte zwischen t
ausgezogene Curve gibt die Mittelzahlen aus beiden Zeitlagen,
ochene entspricht der Zeitfolge $t m_v h$, die punktirte der um-
$m_v t$. Die Fig. 119 repräsentirt die Schätzungen bei den har-
Intervallen 256 : 384 : 512 (= 2 : 3 : 4), die Fig. 120 entspricht
ionischen Intervallen 296 : 360 : 424 (37 : 45 : 53). Die unge-
ätzung im letzteren Fall spricht sich darin aus, dass viele
ngen diesseits wie jenseits der absoluten Mitte vorkommen, so
rve allmählicher zu ihrem mit m zusammenfallenden Maximum
Bezug auf den Einfluss der Zeitfolge lehrt das Lageverhältniss
ochenen und der punktirten Linien übereinstimmend, dass man
ällen bei aufsteigender Folge geneigt war, die tiefer liegenden
öne relativ tiefer und die höher liegenden höher zu schätzen,

als bei absteigender. Doch finden sich in dieser Beziehung nic
individuelle Abweichungen, sondern auch solche in den verschi
Reihen der nämlichen Versuchsperson.

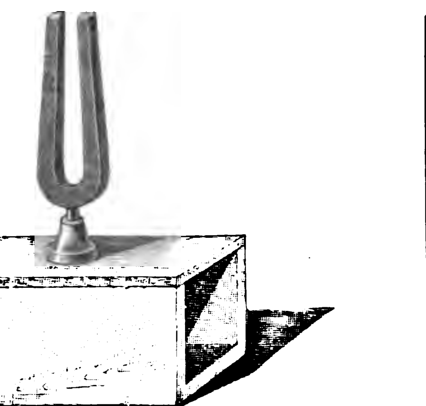
Indem nun diese Beobachtungen zeigen, dass die Abmessu
Tonhöhen der Abstufung der objectiven Schwingungen direct prop
geht, machen sie es offenbar zugleich wahrscheinlich, dass die Ab
der Töne ein Product unmittelbarer Vergleichung der einfachen F
dungen und nicht erst durch Nebenbedingungen, z. B. durch begl
Partialtöne von übereinstimmender Höhe, wie man behauptet hat,
lasst ist. Die Wahl der in der musikalischen Scala enthaltenen To
dagegen beruht nicht auf dem unmittelbaren Maß der Empfindunge
ist, wie wir später sehen werden, durch die Gesetze der Consona
Harmonie bestimmt, welche ihrerseits wieder von der Zusammen
der Klänge aus Theiltönen abhängen.

Die Tonreihe bildet ein Continuum von einer Dimension. Wir
sie uns durch eine Linie versinnlichen, am einfachsten durch eine
von unbestimmter Ausdehnung. Ihre beiden Endpunkte sind die
und die obere Grenze der Tonhöhen. Beide Grenzen sind rein pl
gische, sie wechseln bei verschieden organisirten Wesen, ja so
verschiedenen Individuen derselben Art, denn sie sind abhängig v
wechselnden Abstimmung der mit der Acusticusendigung verbu
Einrichtungen. Berücksichtigt man gleichzeitig die Intensität der E
dung, so wird aus der Tonlinie ein Continuum von zwei Dimen
das sich am einfachsten in der Form einer Ebene darstellen lä
unserm Bewusstsein hat außerdem als dritte Dimension der Ton
dungen deren zeitliche Dauer eine wesentliche Bedeutung. Aber
Zeitanschauung aus der gegenseitigen Beziehung wechselnder Empfin
entspringt, so wird hierauf erst bei der Verbindung der Tonempfin
zu zusammengesetzten Vorstellungen näher einzugehen sein.

Zur Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen benu
am zweckmäßigsten Stimmgabeln, die auf einem auf ihren Grundton
stimmten, an der einen Seite offenen Resonanzraum aus Holz befesti
(Fig. 121). Solche Gabeln bieten den Vortheil dar, dass ihr Klang unt
musikalischen Klängen am meisten dem einfachen, pendelartigen Schwi
entsprechenden Ton sich nähert [1]). Zur Bestimmung der Unterschiedss

1) Da diese Einfachheit des Tons der mit Resonanzräumen verbundenen
gabeln nur eine annähernde ist, so verhalten sich in dieser Beziehung keinesw
Stimmgabeln gleich. Nach meinen Erfahrungen zeichnen sich namentlich die Appu
in hohem Maße durch Einfachheit des Klangs aus, während die stärker kli
und viel länger nachtönenden Koenig'schen Gabeln deutlich den ersten Oberton e
lassen. Bei den tiefsten Gabeln, die nicht mit Resonanzräumen versehen werden
lassen sich störende Obertöne durch einen an geeigneter Stelle anzubringend

für jeden zu untersuchenden Ton zweier gleichgestimmter Gabeln, die eine durch die Verschiebung von Laufgewichten an einer Milli- gegen die andere verstimmt werden kann (Fig. 122). Zur genauen dient ein an dem einen Laufgewicht festgelötheter Draht, der mit em andern Gewicht angebrachten Marke in jeder Stellung genau zur mmen muss. Wählt man die Methode der Minimaländerungen, so n der auf S. 341 f. angegebenen Weise verfahren, indem man immer Pausen die Gabeln mit einem Clavierhammer anschlägt und, vom usgehend, die obere und untere Unterschiedsschwelle in den ver-



'Fig. 121.

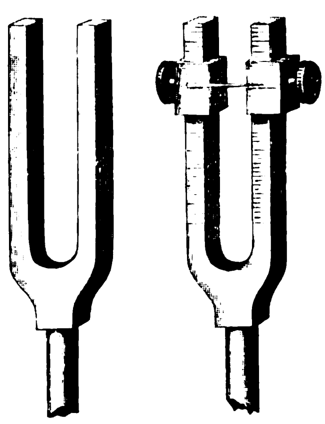


Fig. 122.

Zeitlagen aufsucht. Die diesen Schwellen entsprechenden Schwin- nzen beider Gabeln werden dann durch Zählen ihrer Schwebungen itigem Anschlagen ermittelt. Um die Theilung von Tonstrecken nach e der mittleren Abstufungen auszuführen, werden, wie es Fig. 123 solche Stimmgabeln vor auf sie abgestimmten und durch Ausziehen mmung etwas veränderlichen Resonanzröhren (I, II, III) aufgestellt. einer jeden der letzteren mündet in einem Kautschukschlauch, der en einzigen in ein entferntes Zimmer geleiteten Schlauch übergeht, Fig. durch den Zwischenraum *z* angedeutet ist. Dort befindet sich

gungen dämpfenden Kautschukring entfernen. Die Behauptung von PREYER Untersuchungen S. 13 ff.), dass sich in allen solchen Stimmgabelklängen eit Obertöne objectiv nachweisen ließen, beruht auf einem Irrthum. Dieser fand nämlich, dass empfindliche Stimmgabeln auf Resonanzkästen immer gungen geriethen, wenn eine andere Stimmgabel, die ihren Grundton angab, ngen versetzt wurde. Nun ist aber bekannt, dass ein schwingungsfähiger auf n Schwingungen abgestimmt ist, nicht nur, wenn ihn n Impulse, son- wenn ihn $\frac{n}{2}, \frac{n}{3}, \frac{n}{4}$ .... Impulse in der Sec. treffen, in Oscillationen findliche Stimmgabeln gerathen daher bei jedem Ton in Mitschwingungen, ihre Schwingungszahlen wie harmonische Obertöne verhalten, ohne dass enem Tone selbst schon die Obertöne enthalten sein müssen.

die Versuchsperson, die das in eine kleine Glasröhre *o* mündende End Schlauchs in das Ohr steckt. In einer Versuchsreihe lässt man nun die Gabeln 1 und 3, die tiefste und höchste, in ihrer Stimmung constant, w die mittlere 2 in jedem Versuch durch Verschiebung der Laufgewichte einem zuvor von dem Experimentator festgestellten Plane in ihrer To variirt wird. Beim Beginn des Versuchs werden die drei Gabeln rasch

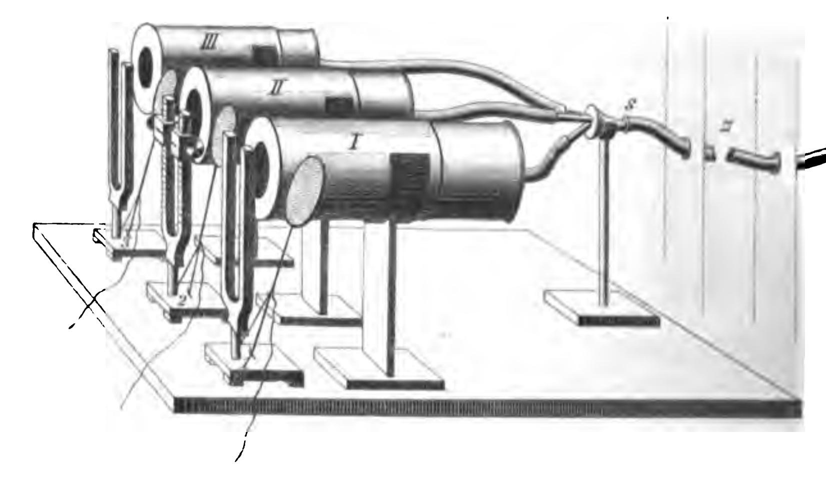


Fig. 123.

einander angeschlagen und dann in einem genau abzumessenden Tempo je Resonanzröhren durch Zug an den entsprechenden Federn während einer k ebenfalls abgemessenen Zeit geöffnet und sofort wieder geschlossen. Die achtung in einem entfernten Raum bietet den Vortheil, dass die Versuchsp vor allen Nebengeräuschen geschützt, nur die drei, ihr kurz vorher dur telegraphisches Signal angekündigten Töne wahrnimmt.

Zu Untersuchungen, die sich über eine sehr große Zahl von Tönen erstr wird man in der Regel zu andern Klangquellen, namentlich zu den leicht in Anzahl herzustellende genpfeifen, seine Z nehmen. Die so erz Klänge sind aber nich annähernd einfach, s sie enthalten neben de keren Grundton schw Obertöne von der 2, 3

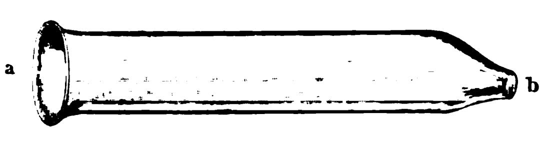


Fig. 124.

fachen Schwingungszahl des ersteren. Um einen solchen Klang in Bezug au töne zu analysiren, bedient man sich der oben erwähnten Resonatoren, wi solchen Fig. 124 darstellt. Für einen Klang von der Schwingungszahl s Analyse der Obertöne eine Reihe von Resonatoren erforderlich, die einz die Schwingungszahlen $2s$, $3s$, $4s$ . . . abgestimmt sind. Das Ende *b* des nators wird in das Ohr gebracht, das Ende *a* der Schallquelle zugekehr zweckmäßigsten werden diese Resonatoren, namentlich die größeren, au

ertigt. Da übrigens Resonanzräume nicht bloß auf ihren Eigenton, ch auf tiefere Töne, in deren Obertonreihe jener Eigenton gehört, ngungen gerathen können, so ist der durch einen Resonator gehörte allgemeinen erst dann mit Sicherheit als Partialton des analysirten uszusetzen, wenn es gelingt, ihn auch ohne Resonator in demselben Die Resonatoren dienen also nicht sowohl der endgültigen Nach- der ersten Entdeckung schwacher Obertöne, die man mit bloßem hören pflegt, wenn zuvor in Folge ihrer resonatorischen Verstär- ufmerksamkeit auf sie gelenkt worden ist.

ychologische Untersuchungen, bei denen man einer großen Reihe wenig er Klänge bedarf, ist der APPUNN'sche Tonmesser ein sehr nütz- rat. Derselbe besteht aus einem System von Zungenpfeifen, die von er befindlichen Blasebalg aus einzeln erregt werden können. Die Fig. 125



Fig. 125.

strument im geöffneten Zustand, den Deckel mit dem darin befindlichen ırückgeschlagen, um die Reihe der Zungen sichtbar zu machen. An Wand befinden sich eine Reihe von Knöpfen (1 bis 32), an denen einzelnen Zungen gehörigen Ventile gezogen werden, um die Zungen zu bringen. Die Luft wird durch einen Blasetisch geliefert, auf an das ganze Instrument aufsetzt. Durch die Oeffnung *a* des Zu- strömt die Luft aus dem Blasetisch ein und hebt das bei ge- Instrument unmittelbar auf *a* ruhende Ventil *b* in die Höhe, um elbe in den über den Zungen befindlichen Raum einzuströmen und lasebalg bildende Decke des Instruments in die Höhe zu heben. Zur des Luftdrucks ist an der Decke ein Faden *c* angebracht, der, so- ırch Emporheben der Decke zureichend gespannt ist, den auf das

RASSMANN, WIEDEMANN's Ann. I, S. 606.

Ventil b von oben drückenden Hebel d bewegt und so durch Schluss des tils den Zugang der Luft hemmt. Wird nun, während der Blasebalg über Zungen gefüllt ist, eines der Ventile 1 bis 32 gezogen, so geräth alsbald betreffende Zunge in Schwingungen, indem die Luft an ihr vorüber nach entweicht. Bei den tieferen und mittleren Lagen der musikalischen Scala nügt bei der Abstufung nach 2 oder 4 Schwingungen je ein Tonmesser eine Octave, bei den höchsten wird es nöthig, die Octave auf mehrere In mente zu vertheilen. Das Leipziger Institut besitzt solche Tonmesser 32 Schwingungen an bis zu 1024 Schwingungen, die beiden tiefsten Oct in Abstufungen von 2, die andern in solchen von 4 Schwingungen.

Die allgemeinen Resultate der von C. Lorenz mittelst dieser Tonm ausgeführten Versuche lässt die folgende Tabelle übersehen, die einen Au aus der von ihm gegebenen Zusammenstellung der gefundenen Empfindu mitten m' enthält[1]. $T:M:H$ gibt die einfachen Schwingungsverhältnisse Töne t, m, h an, g ist die Schwingungszahl desjenigen Tones, der die geometri Mitte zwischen t und h bilden würde. Die Empfindungsmitte m' ist in auf S. 345 angegebenen Weise berechnet. Unter m'' sind die von Jul. Merk aus den Schätzungsergebnissen zweier beliebiger Töne m_v nach der auf S. erwähnten Methode berechneten Werthe von m' mitgetheilt. Die Buchstab und L bezeichnen die zwei Beobachter, deren Versuche in diesem Au berücksichtigt worden sind.

$T:M:H$	$t:m:h$	m'		m''		g
		L	P	L	P	
8 : 15 : 22	32 : 60 : 88	64		64,6		53
1 : 2 : 3	34 : 68 : 102	71		71,9		58,9
3 : 4 : 5	132 : 176 : 220	181	185	176,2	185,3	160,4
11 : 13 : 15	176 : 208 : 240	211	217	209,1	217,5	205,5
2 : 3 : 4	256 : 384 : 512	384	384	382	390,6	362,3
4 : 5 : 6	256 : 320 : 384	324	325	319,7	324,4	313,5
5 : 6 : 7	340 : 408 : 476	404	409	405,6	409,4	402,3
8 : 9 : 10	256 : 288 : 320	290	288	288,9	290	286,2
16 : 17 : 18	256 : 272 : 288	273	275	273,1	277,8	271,5
30 : 31 : 32	480 : 496 : 512	496	497	496,8	497,5	495,7
97 : 107 : 117	388 : 428 : 468	430	430	425,4	431,7	426,1
2 : 5 : 8	64 : 160 : 256	163		164,7		128
2 : 5 : 8	128 : 320 : 512	326		323,8		256
2 : 5 : 8	256 : 640 : 1024	649		647,9		512

Indem Helmholtz, wie wir im Cap. XII sehen werden, die Intervalle musikalischen Scala auf bestimmte Uebereinstimmungen in den Partialtönen Klänge zurückführt, glaubt er zugleich annehmen zu dürfen, dass die Un scheidung der Tonhöhen überhaupt auf der Klangverwandtschaft beruhe. W jedoch diese Ansicht richtig wäre, so müsste die Erkennung der Intervalle

1) C. Lorenz a. a. O. S. 85.
2) Merkel, Phil. Stud. VIII, S. 125.

lenen die Obertöne mangeln, unmöglich werden. Dies ist in der
heil schon von HELMHOLTZ, noch entschiedener aber von G. E. MÜLLER[1]
worden. Nach dem letzteren soll bei reinen Stimmgabelklängen nur
Association mit früheren Eindrücken eine Wiedererkennung möglich
ist sicherlich die Erkennung der Octave, Quinte u. s. w. als Octave,
. w. immer und überall nur durch die Association mit früheren Er-
möglich; aber es ist nicht zu begreifen, wie eine solche Association
könnte, wenn nicht unmittelbar in der Empfindung eine Maßab-
endlicher Tonhöhenunterschiede möglich wäre, ähnlich wie wir ja
ichtintensitäten der Sterne oder anderer Lichteindrücke nach über-
Unterschieden abstufen. Durch die oben angeführten Versuche ist
r diese Fähigkeit unseres Gehörs, Tonstufen ohne alle Rücksicht auf
ische oder disharmonische Verhältniss der Töne messend vergleichen
der empirische Beweis geführt[2].
atz, dass das menschliche Ohr nur pendelartige Schwingungen
s einfache Töne empfindet, und dass jede andere periodische Luft-
von demselben in eine Reihe pendelartiger Schwingungen zer-
at zuerst G. S. OHM aufgestellt und gegenüber SEEBECK, nach welchem
rbe theilweise wenigstens unmittelbar von der Wellenform ab-
sollte, vertheidigt[3]. Indem HELMHOLTZ durch die experimentelle
er großen Zahl einzelner musikalischer Klänge, namentlich auch der
rm im allgemeinen sehr complicirten Vocalklänge der menschlichen
en OHM'schen Satz bestätigte, fand er zugleich, als er zusammen-
Klänge durch Synthese relativ einfacher Stimmgabelklänge künstlich
lass die Phasenverhältnisse der einzelnen harmonischen Partialtöne
luss auf die entstehende Klangfarbe ausübten[4]. Dieses letztere Re-
e jedoch R. KOENIG nicht bestätigen, als er mittelst einer von ihm
Wellensirene, eines Instrumentes, bei dem zwei in Blech ausge-
Sinus- oder andere Curven in verschiedener Stellung zu einander in
ation versetzt und angeblasen werden konnten, zusammengesetzte
ugte[5]. Es ergab sich dabei, dass die Phasendifferenz von deut-

1) Grundlegung der Psychophysik, S. 285.
2) einige von C. STUMPF (Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane
S. 266 ff.) gegen die LORENZ'schen Versuche vorgebrachten Einwände vgl.
I, S. 605 ff., VII, S. 296 ff. MÜNSTERBERG (Beiträge zur exp. Psychologie,
ff.) hat vorgeschlagen, Distanzvergleichungen von Tönen dadurch auszu-
man nicht eine Tonstrecke ac in zwei Hälften ab und bc theilt, sondern
ein besonderes Intervall bc getrennte Strecken ab und cd mit einander
Dieses Verfahren scheint mir aber sehr schwierig, und die Fehlerquellen
en scheinen mir so groß zu sein, dass sich seine Anwendung kaum em-
dies auch die außerordentlich schwankenden Resultate zeigen, die MÜNSTER-
sem Wege erhielt, und aus denen sich mit Sicherheit wohl nur schließen
ie angewandte Methode unbrauchbar war. Dagegen fand derselbe, als er
Verfahren, sondern ebenfalls die Methode der mittleren Abstufungen an-
LORENZ'schen Ergebnisse bestätigt. Erst bei Tonstrecken, die den Umfang
ctave überschritten, traten Abweichungen von der Proportionalität mit
ungszahlen ein, indem die obere Distanz relativ größer erschien. Doch
n zugleich die Schätzungen sehr schwankend.
3) OHM, POGG. Ann. LIX, S. 513, LXII, S. 1 ff. Dazu SEEBECK, ebend. LX,
, S. 353, 368 ff. 4) HELMHOLTZ, Tonempfindungen. 4. Aufl. S. 202.
5) KOENIG, WIEDEMANN's Ann. XIV, S. 369 ff. Quelques Expériences d'Acoustique.
p. 222.

lichem Einfluss auf den Charakter des Klangs war, indem dieser be
Phasendifferenz von $^1/_4$ und $^3/_4$ schärfer klang, als bei einer solchen von 0 u
Nimmt man nun an, dass die Schwingungen der resonanzgebenden u
Klang zerlegenden Apparate im Gehörorgan als solche auf die Hörnerve
sich fortpflanzen, so ist dieser Einfluss des Phasenunterschieds wohl ve
lich, da dann das Verhältniss der im Centralorgan anlangenden Erregun
jedem Phasenunterschied wieder ein anderes ist. Dagegen ist mit d
Helmholtz gemachten Annahme, dass mit jeder irgendwie beschaffenen E
einer bestimmten Hörnervenfaser vermöge der specifischen Energie de
auch eine bestimmte Tonempfindung gegeben sei, allerdings die Koe
Erfahrung nicht zu vereinigen. Wenn anderseits Koenig selbst aus dies
andern Versuchen mit der Wellensirene schließt, dass zwischen jenen Th
eines Klangs, die dadurch erzeugt werden, dass ein Körper mehrere Schwi
arten ausführt, und zwischen den harmonischen Obertönen, die aus d
legung zusammengesetzter Schwingungen entstehen, ein wesentlicher ob
Unterschied sei, so scheint mir dieser Schluss nicht gerechtfertigt.

Von dem Klang unterscheidet sich der Zusammenklang im
meinen nur durch die gleichmäßigere Stärke der Partialtöne, aus de
besteht. Hierdurch wird es aber unserm Ohre leichter möglich, de
in einzelne seiner Bestandtheile zu zerlegen. Während wir den
zunächst als eine einheitliche Empfindung gelten lassen, um uns e
der genaueren Analyse desselben von seiner complexen Beschaffen
überzeugen, fassen wir den Zusammenklang sogleich als eine zusa
gesetzte Empfindung auf. Hierzu trägt auch die weit wechselnde
schaffenheit der Zusammenklänge das ihrige bei. Der Klang eines
mentes z. B. enthält, mit wenig Abweichungen, immer dieselbe Rei
Obertönen. Dagegen können wir auf einem und demselben mehrsti
Instrumente sehr verschiedene Accorde und andere Zusammenklän
vorbringen. In diesen Verhältnissen liegen nun zwei Erscheinung
gründet, die ausschließlich bei Zusammenklängen vorkommen, u
namentlich bei den musikalischen Wirkungen derselben von großer W
keit sind. Die erste dieser Erscheinungen besteht in den Combina
tönen, welche dadurch sich bilden, dass zwei Tonwellenzüge vo
reichender Stärke eine dritte Tonbewegung hervorbringen, die de
renz oder auch der Summe ihrer Schwingungszahlen entspricht. Die
besteht in den Schwebungen, die durch die wechselseitige S
zweier Tonwellenzüge erzeugt werden, und die sich ebenfalls mit
die in ihrer Höhe den Schwebungen entsprechen, den Stosstöne
binden können.

Combinationstöne bilden sich dann, wenn die gleichzei
klingenden Töne stark genug sind, dass die Größe der Schwin
nicht mehr als unendlich klein im Verhältniss zur Größe der schw

e betrachtet werden kann. In diesem Falle ist nämlich das auf usgesprochene Princip der Superposition der Schallwellen, wo- resultirende Schwingung immer durch einfache Addition ihrer nten erhalten wird, nicht mehr strenge richtig, sondern es können s Zusammentreffen der Oscillationen in den schwingungsfähigen les Gehörorgans zwei neue Schwingungsbewegungen neben der ichen entstehen, von denen die Schwingungszahl der einen der nz, die der andern der Summe der Schwingungen der beiden Töne entspricht[1]). Je zwei einfache Töne können daher mög- se zweierlei Combinationstöne erzeugen: einen Differenzton und mmationston. Davon ist der Differenzton der stärkere; der nston ist, wenn er überhaupt vorkommt, jedenfalls nur in sel- len hörbar. Die Differenztöne können sowohl durch die Grund- Klänge wie durch ihre Obertöne erzeugt werden. Aber da ihre el geringer als die der primären Töne sein muss, so können im en nur die Grundtöne wahrnehmbare Differenztöne hervorbringen. önnen die letzteren mit den primären Tönen Combinationstöne uf diese Weise entstehen Differenztöne höherer Ordnung, h in der Regel sehr schwach sind. Ueberhaupt sind die Com- öne in vielen Fällen wegen ihrer geringen Intensität nur mittelst öhren, die auf sie abgestimmt sind, deutlich wahrzunehmen. ch sehr schwachen Summationstöne können durch Obertöne, die coincidiren, verstärkt werden; überdies existirt, wie G. Appunn bei jedem Zweiklang ein Differenzton zweiter Ordnung, der die chwingungszahl wie der Summationston erster Ordnung besitzt. richt z. B. zwei Tönen mit dem Intervall der Quinte 2 : 3 ein on 1 und ein Summationston 5, der Differenzton zweiter Ordnung, der erste Oberton (6) des höheren Tones mit dem ersten Diffe- bildet, ist aber ebenfalls = 5. Allgemein fällt also, wenn wir ingungszahlen der ursprünglichen Töne mit n und n' bezeichnen, mationston derselben mit dem Differenzton $2\,n' - (n - n')$ zu- n[2]). Ebenso entsprechen gewisse der unten zu besprechenden « in ihrer Tonhöhe den Summationstönen[3]). Hiernach ist es

1) [Hel]mholtz, Poggendorff's Annalen, XCIV, S. 497. Lehre von den Tonempfin- [dungen, 4.] Aufl., S. 253, 650 ff.

2) [Appu]nn, dem sich Preyer anschloss, folgerte hieraus, dass die Summationstöne nicht existiren, sondern nur Differenztöne zweiter Ordnung seien. (Preyer, Untersuchungen. S. 12.) Doch hat Preyer neuerdings diese Ansicht zurück- , da er auch bei obertonfreien Stimmgabeln die Summationstöne wahrnahm. [A]nn. XXXVIII, S. 131 ff.)

3) Koenig, Pogg. Ann. CLVII, S. 217. Expér. d'Acoustique, p. 126. Da es sich uch bei dieser Ableitung der Summationstöne um die Stoßtöne von Ober-

einigermaßen zweifelhaft geworden, ob hörbare Summationstöne wi
existiren. Wo im folgenden von Combinationstönen die Rede ist, da w
wir darum auch hierunter im allgemeinen nur die Differenztöne verst
die unter jenem Namen am zweckmäßigsten von andern die pri
Töne begleitenden Tonbewegungen unterschieden werden.

Von großer Bedeutung für die Wahrnehmbarkeit und die Wi
der Differenztöne ist das Schwingungsverhältniss der sie erzeug
primären Töne. Ist dieses Schwingungsverhältniss ein einfaches, so
die primären Töne ein harmonisches Intervall (Octave, Quinte u.
mit einander bilden, so wird auch das Schwingungsverhältniss des
binationstones zu den primären Tönen ein einfaches. So entspricht
der Octave mit dem Schwingungsverhältniss 1 : 2 ein Differenzton 1
mit dem tieferen der primären Töne zusammenfällt und diesen verst
kann. Der Quinte mit dem Schwingungsverhältniss 2 : 3 entspricht
Differenzton 1, der die tiefere Octave des ersten der primären Töne
u. s. w. In diesen und ähnlichen Fällen bringt der Combinationsto
sammen mit den primären Tönen eine stetige Empfindung hervor,
alle diese Töne einen consonanten Zusammenklang bilden. Dies ist a
wenn die Schwingungszahlen der primären Töne in keinem einf
Verhältniss stehen. Verhalten sich z. B. die Schwingungen derselbe
10 : 23, so entsteht ein Differenzton 13, welcher zu den andern Töne
sonant ist und überdies meistens mit ihnen, namentlich mit dem
Schwebungen oder Tonstöße bildet. Es ist zweifelhaft, ob in diesen
noch eine resultirende pendelartige Schwingungsbewegung überhaup
treten kann. Jedenfalls aber sind die Combinationstöne solcher unh
nischer Tonverbindungen von den unten zu besprechenden Stoßtöne
ihnen in der Regel an Intensität überlegen sind, subjectiv nicht zu
scheiden. Außerdem tritt hier der im allgemeinen schon in Fig. 116 (S
dargestellte Fall ein, dass zwei Schwingungscurven, deren jede regel
ist, sich zu einer unregelmäßig periodischen Bewegung combiniren
keine stetige Empfindung hervorbringen kann. Es entstehen auf
Weise die sogleich näher zu betrachtenden **Schwebungen der**
welche die Dissonanz zu begleiten pflegen.

Schwebungen der Töne oder **Tonstöße** können zwischen
Bestandtheilen zweier Klänge, sowohl zwischen den Grundtönen wi

---

tönen handelt, so würde die soeben erwähnte Beobachtung PREYER's, wenn s
bestätigen sollte, immerhin für gewisse Fälle die Existenz wahrer Summatio
beweisen. Doch kommt bei der Beurtheilung dieser Versuche in Betracht, d
Erzeugung von Summationstönen sehr starke primäre Töne erforderlich werd
Erzeugung dieser aber auch bei Stimmgabelklängen kaum Obertöne zu ver
sind.

en derselben, eintreten; außerdem können sich an ihnen die Com-
stöne betheiligen. Es beruhen diese Störungen des Zusammen-
auf der Interferenz der Schallwellen. Lässt man zwei Töne von
Höhe und Stärke erklingen, so entsteht ein Ton von der doppelten
it, falls die Berge und die Thäler beider Wellen zusammenfallen.
em früher (S. 444) angeführten Princip der Addition der Wellen
hierbei ein einziger Wellenzug, dessen Berge und Thäler die dop-
röße besitzen. Richtet man dagegen den Versuch so ein, dass die
er einen Welle auf die Thäler der andern treffen und umgekehrt,
chten sich die beiden Bewegungen, und es entsteht gar keine Ton-
ung. Befinden sich die beiden Tonquellen in einiger Entfernung
ander, so beeinflussen sich in der Regel die Schwingungen in
Weise, dass der Ton durch die Interferenz verstärkt wird. Dies
auf den Gesetzen des Mitschwingens. Da z. B. eine Saite durch
lingen des Tones, auf den sie abgestimmt ist, in Mitschwingungen
so passen auch die durch directes Anschlagen derselben erzeugten
gungen der Schwingungsphase eines andern Tones von gleicher
ch an. Nur unter besonderen Umständen wird das entgegengesetzte
beobachtet: so z. B. wenn man zwei große Labialpfeifen dicht
einander von der nämlichen Windlade aus anbläst. In diesem Falle
aus der einen Pfeife ausströmende Luft immer gleichzeitig in die
Pfeife ein, so dass beide nun in entgegengesetzten Phasen schwingen.
dessen hört man statt des Tones nur noch ein zischendes Ge-
).

nämliche Erscheinung, die wir hier während der ganzen Dauer
mmenklingenden Töne beobachten, können nun auch während eines
Theils dieser Zeit eintreten. Dies geschieht, wenn zwei Töne
enklingen, deren Schwingungszahlen sehr wenig von einander ver-
sind. Denken wir uns z. B., zwei Töne differirten um eine
gung in der Secunde, und im Beginn des Zusammenklingens seien
ewegungen von gleicher Phase, so werden im Anfang der zweiten
wieder gleiche Phasen zusammentreffen, aber im Verlauf der ersten
hat der eine Ton eine ganze, aus Berg und Thal bestehende
gung weniger gemacht als der andere: es muss also einmal während
Zeit, und zwar nach Verfluss der ersten halben Secunde, ein Berg

---

ELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen, 4. Aufl. S. 265 ff. An der Doppel-
n HELMHOLTZ lässt sich derselbe Versuch ausführen, wenn man die beiden auf
Ton eingerichteten Scheiben so stellt, dass die Luftstöße der einen in die
schen zwei Luftstöße der andern fallen. Aber der Versuch mit den Labial-
t schlagender, weil die Klänge derselben fast vollkommen den Charakter ein-
ange haben, weshalb der Ton hier wirklich verschwindet, während er bei dem
en Obertönen begleiteten Sirenenklang in die höhere Octave umschlägt.

der einen mit einem Thal der andern Welle zusammentreffen. I
folgt, dass Töne, die um eine Schwingung differiren, einmal in
cunde, nämlich da, wo gleiche Phasen zusammenkommen, durch
ferenz sich verstärken, und einmal, da wo entgegengesetzte Phas
stehen, durch Interferenz sich schwächen. Sind die Töne um 2, 3,
Schwingungen verschieden, so treten natürlich 2, 3, 4 . . . n solc
und Zunahmen oder Schwebungen des Tones ein. Mittelst der le
lassen sich beim Zusammenklingen der Töne noch außerordentlich
Unterschiede der Höhe erkennen. Töne, die wir als absolut glei
pfinden, wenn sie nach einander erklingen, können darum leicht n
den Schwebungen unterschieden werden. Sind die Schwingungsza
und n_2 der Töne, die Schwebungen mit einander bilden, hinreiche
schieden, um deutlich als verschiedene Tonhöhen empfunden zu w
so ist neben den beiden primären Tönen, falls diese hinreichen
sind, noch ein dritter Ton hörbar, der zwischen beiden in der Mit
und die stärksten Tonstöße darbietet, eine Erscheinung, die wohl a
Miterregung zwischenliegender tonpercipirender Apparate des Gehö
bezogen werden kann[1].

Im allgemeinen sind die durch die Interferenz der Töne entste
Schwebungen in der Nähe des Einklangs am deutlichsten untersch
Sie nehmen dann mit der Zunahme des Intervalls ab und verschw
wenn die Intermissionen der Empfindung zu rasch werden. Auf
bemerkt man aber namentlich bei starken Tönen noch eine zweite A
Schwebungen, welche um so deutlicher werden, je mehr das Interv
Töne der Octave sich nähert[2]). Die Zahl dieser oberen Stöße,
zur Unterscheidung von den ersterwähnten als den unteren g
werden, entspricht der Differenz der Schwingungszahlen des oberen
und der Octave des tieferen. Die Schwebungen verschwinden als
wenn die Octave erreicht wird, ähnlich wie die unteren beim E
aufhören. Ebenso können dann noch Tonstöße entstehen, we
höhere Ton von dem zweiten oder einem noch höheren Obert
tieferen sich entfernt oder sich einem solchen nähert. Auch dann bez
man nach dem Vorgang von R. Koenig die Schwebungen im ersten
untere, im zweiten als obere Tonstöße. Ist die Schwingungsza
tieferen Tones n_1, die des höhern n_2 und h eine ganze Zahl,
demnach die Zahl der unteren Stöße allgemein $= n_2 - hn_1$, die der
$= (h + 1) n_1 - n_2$. Bei den tiefsten Tönen der musikalischen Sca

1) Terquem et Boussinesq, Journ. de Physique, IV, 1875, p. 193. Vgl. auch
Tonpsychologie II, S. 480 ff., sowie die Ausführungen von H. Grassmann d.
H. Schwarz, Das Wahrnehmungsproblem. Leipzig 1892, S. 160 ff.

2) R. Koenig, Poggendorff's Annalen, CLVII, S. 181. Wiedemann's Ann. XII,

Bereich der Octave und bei disharmonischen wie bei harmoni-
rvallen Tonstöße zu hören, indem die unteren allmählich schwächer
über die Mitte der Octave hinaufreichen, die oberen ebenso schon
er der Mitte beginnen, so dass in der Gegend der Mitte beide
Schwebungen neben einander zu hören sind. Bei den höheren
owie bei größerem Intervall der beiden Töne n_1 und n_2 sind,
Töne einfach sind, zuerst nur noch bei disharmonischen Inter-
l schließlich nur noch dann, wenn sich die Töne dem Einklang oder
ve nähern, Schwebungen wahrzunehmen. Alle diese Schwebungen
insofern sie bei einfachen Tönen vorkommen, in denen keine
nachzuweisen sind, ebenso wie die Schwebungen wenig vom
abweichender Töne, aus den Phasenverschiebungen der primären
ärt werden, die dort wie hier abwechselnde Verstärkungen und
ngen der Schwebungen erzeugen können[1]. An eine Ableitung
nstöße aus der Interferenz mit Obertönen kann bei der relativ
ärke der Stöße einfacher Stimmgabelklänge nicht wohl gedacht
Besitzen die Klänge Obertöne, so müssen aber allerdings die
gen der letzteren die der primären Töne verstärken.
störende Wirkung der Schwebungen beruht wahrscheinlich auf
andlung der stetigen Tonempfindung in eine intermittirende. Bei
samen Schwebungen macht sich daher diese Wirkung noch kaum
nd sie wächst mit der Zunahme der Schwebungen bis zu einem
, worauf sie schnell abnimmt und bald ganz schwindet, indem
ebungen aufhören wahrnehmbar zu sein. Jenes Maximum der
iegt etwa bei 30 Schwebungen in der Secunde. Es bringen
Schwebungen zweier Töne, die vom Einklang aus gegen ein-
stimmt sind, namentlich in der mittleren Region der musikali-
la ein rasselndes, R-ähnliches Geräusch hervor, wobei wegen der
hnelligkeit, mit der die Tonstöße auf einander folgen, eine deut-
fassung der Tonhöhe nicht mehr möglich ist. Der Klang verliert
seinen Charakter als stetige Empfindung und wird unmittelbar
usch. Ueberschreitet aber die Geschwindigkeit der Schwebungen
isse Grenze, so vermag unser Ohr die einzelnen Stöße nicht
einander zu halten. So verschwindet bei den tiefsten Tönen der
hen Scala schon bei weniger als 30 und bei höheren etwa bei
bungen in der Secunde der intermittirende Charakter der Empfin-
e Angabe, dass wir noch viel zahlreichere Intermissionen zu-
ingender Töne, bis zu 132 in der Secunde und mehr[2], unter-

[1] objectiv vermochte R. Koenig bei den Tonstößen von einander entfernter
inusartigen Schwingungen die Interferenzwirkungen durch Phasenverschie-
uweisen. (Pogg. Ann. CLVIII, S. 187, Taf. IV.)
[2] mholtz, Tonempfindungen, 4. Aufl., S. 85. Nach Stumpf (Tonpsychologie II,

scheiden könnten, scheint mir auf einer Verwechslung mit dem stör
dissonanten Eindruck zu beruhen, den nicht verwandte Klänge, wer
gleichzeitig ertönen, auf uns machen. Die hörbaren Schwebunge
Zusammenklanges oder Tonstöße sind jedoch von diesem continuirlic
dauernden Eindruck der Dissonanz zu unterscheiden. Die Schweb
können den Eindruck der Dissonanz verstärken, aber es kann Diss
ohne wahrnehmbare Schwebungen und sogar ohne Rauhigkeit des K
und es können umgekehrt (wenn ihre Zahl klein ist) Schwebungen
Dissonanz bestehen. Davon dass ein Zusammenklang dissonant sein
ohne Intermissionen der Empfindung zu zeigen, überzeugt man sic
besten an den einfachen Klängen von Stimmgabeln. In den höheren
der musikalischen Scala ist es leicht, solchen Gabeln, wenn sie vom
klang aus gegen einander verstimmt werden, allmählich eine Schwing
differenz zu geben, bei der die Interferenzen der Töne so rasch au
ander folgen, dass weder Schwebungen noch auch eine stetige Rauh
des Klangs wahrzunehmen sind. Trotzdem bleibt der Eindruck der
nanz bestehen. Ebenso konnten TERQUEM und BOUSSINESQ, wenn si
zwei schwachen Tönen, die mit einander Schwebungen bildeten, den
auf das rechte, den andern auf das linke Ohr einwirken ließen,
den oben (S. 468) erwähnten Zwischenton noch Schwebungen wahrneh
gleichwohl war der Eindruck der Dissonanz stark und unangene
Anderseits kann man aber auch Schwebungen zweier Töne erzeuge
denen keine Dissonanz bemerkt wird. Dies beruht darauf, dass
Intermissionen zusammenklingender Töne eher bemerken als Untersc
ihrer Tonhöhe. Zwei Töne können daher Schwebungen bilden, ob
sie im Einklang zu stehen oder einem harmonischen Intervall anzuge
scheinen. Im allgemeinen achten wir auf Schwebungen dieser Art
viel, so lange das Verhältniss der Tonhöhen für die Empfindung ungeä
bleibt. Hierauf beruht die relativ geringe Belästigung, die uns die
mung der Instrumente nach gleichschwebender Temperatur verur
Denn die Abweichungen derselben von der reinen Stimmung üben me
auf die Tonhöhe keinen merkbaren Einfluss aus.

Wie einfache Töne Schwebungen bilden, so ist dies auch be
verschiedenen Partialtönen zusammengesetzter Klänge möglich. Vo
einzelnen Bestandtheilen eines Klanges können entweder die Grun
Stöße hervorbringen; dann sind diese wegen der überwiegenden S
des Grundtons so mächtig, dass die Stöße der Obertöne, die hierb
fehlen, dagegen verschwinden. Oder es können die Grundtöne cons

S. 461 ff.) sollen bei den höchsten Tönen sogar noch über 400 Schwebungen w
nehmen sein!

1) TERQUEM und BOUSSINESQ, Journ. de Phys. IV, 1875, p. 193.

r die Obertöne mehr oder weniger starke Schwebungen bilden. n Falle ist die Rauhigkeit geringer als im vorigen, und sie richtet ırer Stärke nach der Intensität der dissonirenden Obertöne, also egel nach der Ordnungszahl derselben, da bei den meisten ·hen Klängen die Stärke der Obertöne mit der Höhe ab- Endlich können noch die Combinationstöne sowie die unten zu en Stoßtöne mit einander oder mit den primären Tönen Schwe- ɔilden. Zu Schwebungen der Obertöne geben gerade solche rvalle leicht Anlass, die sich einem einfachen Verhältniss der ngszahlen annähern, ohne aber dasselbe vollständig zu erreichen. ıfachen Intervallen entsprechen nämlich regelmäßig übereinnde Obertöne. So ist z. B. für das Verhältniss Grundton und : *g*) die Duodecime des Grundtons (*g*′) zugleich die Octave der lso ein coincidirender Oberton beider Klänge. Werden nun die öne um einige Schwingungen verstimmt, so können die dadurch den Phasenverschiebungen der Grundtöne unmerklich sein, aber öne *g*′ sind für beide Klänge nicht mehr identisch, sie müssen hwebungen mit einander bilden, deren Zahl der Anzahl von ngen entspricht, um welche die beiden Grundtöne von einander ı. In einem ähnlichen Verhältniss stehen noch weitere Obertöne n Klänge. So findet man z. B. für das Verhältniss Grundton und ass außer der Duodecime oder dem dritten Partialton des Grund- der 5te, 7te, 9te u. s. w. mit dem 4ten, 6ten, 8ten u. s. w. .e zusammenfällt. Alle diese Obertöne bilden daher, sobald sie hr genau coincidiren, Schwebungen. Mehrere neben einander le Klänge müssen also um so genauer in ihren Grundtönen auf ·he Intervalle gestimmt sein, je mehr sie von Obertönen be- ıd[1].

weitere Erscheinung, durch welche die Zusammenklänge eine tere Beschaffenheit annehmen, besteht darin, dass die die Schwe- ısammensetzenden einzelnen Tonstöße den Toncharakter annehmen sobald die Zahl der Schwebungen hinreichend groß ist, dass die :enze der Tonempfindungen erreicht wird. So entstehen die von untersuchten Stoßtöne[2]. Sie entsprechen den oben erwähnten ınd oberen Tonstößen, indem die Höhe des Stoßtones stets durch ıl der Tonstöße gegeben ist. Hiernach unterscheidet man auch ınd obere Stoßtöne, von denen die ersteren die Schwingungs-

[1] er die Schwebungen der Obertöne bei verschiedenen Intervallen vgl. HELM- O. S. 299 ff.

[2] KOENIG, POGG. Ann., CLVII, S. 193 f. WIEDEMANN's Ann., XII, S. 335, XXXIX,

zahlen $n_2 - h\,n_1$, die letzteren solche $(h+1)\,n_1 - n_2$ besitzen. Der
untere Stoßton (für $h = 1$) fällt mit dem Differenzton erster Ordnung n
zusammen. Dagegen existiren zu den übrigen Stoßtönen bei einf
Klängen keine hörbaren Combinationstöne von gleicher Tonhöhe. Nu
zusammengesetzten Klängen sind Differenztöne von Obertönen oder
renztöne höherer Ordnung möglich, die den Stoßtönen größerer Inte
entsprechen. In allen diesen Fällen ist nicht sicher zu entscheiden, o
gegebener resultirender Ton ein Differenz- oder ein Stoßton ist.
muss man, weil die Combinationstöne vermöge ihrer Entstehungsweis
eine sehr geringe Stärke besitzen können, überall da, wo solche Tö
Intensität den primären Tönen nahe kommen, jedenfalls die Existen
Stoßtönen voraussetzen. Außerdem unterscheiden sich Stoßtöne
Combinationstöne dadurch, dass die ersteren unmittelbar aus den Sc
bungen der Töne hervorgehen, sobald diese so schnell werden, das
bei hinreichender Stärke der Tonbewegungen den Toncharakter anne
können, daher sie bei dissonanten Intervallen vorzugsweise vorkom
während die Combinationstöne namentlich bei consonanten Interv
deutlich gehört werden. Diese Eigenschaften weisen zugleich auf we
lich verschiedene physikalische und physiologische Entstehungsbeding
hin. In der That lässt sich der Unterschied beider Töne physikalis
erster Linie wahrscheinlich darauf zurückführen, dass Differenztöne
erzeugt werden können, wenn die primären Töne annähernd g
Amplitude besitzen, wogegen Stoßtöne sich bilden, wenn die lebe
Kraft der Schwingungen des tieferen Tones die des höheren erh
übertrifft. Nur im ersten dieser Fälle kann nämlich eine resulti
Schwingungsbewegung aus gleichförmig verlaufenden pendelartigen Sc
gungen entstehen, die den Differenzton erzeugt; im zweiten Fal
gegen bilden sich stoßweise Tonverstärkungen, die sich in der Empfi
zu einem der Zahl der Stöße entsprechenden Tone zusammenset
Sodann aber scheint es, dass zur Erzeugung einer resultirenden pe
artigen Schwingungsbewegung, wie sie dem Combinationston ents
ein einfaches, regelmäßiges Phasenverhältniss der primären Tonwelle
es bei den constanten Intervallen besteht, die günstigsten Bedingunge
bietet, während dagegen die Stoßtöne bei dissonanten Zusammenkläng
leichtesten entstehen, da sie unter derselben Bedingung wie die To
sich bilden, abgesehen davon, dass sie noch bei Schwingungsdiffer
gehört werden, bei denen Schwebungen nicht mehr wahrnehmbar s

1) W. Voigt, Wiedemann's Ann. XL, S. 652 ff.
2) R. Koenig selbst, dem das Verdienst der Trennung der Stoßtöne von den
renztönen zukommt, rechnet freilich im allgemeinen auch die bei consonanten
vallen vorkommenden resultirenden Töne zu den Stoßtönen oder nimmt wen

chiedenheit der physikalischen muss nun nothwendig eine solche
ogischen Bedingungen entsprechen. Nur bei den Combinationstönen
nnehmen, dass abgestimmte und resonanzgebende Theile des Ge-
es durch die resultirenden pendelartigen Schwingungen erregt
Die Existenz der Stoßtöne dagegen führt zu der Annahme, dass
e in regelmäßigen Intervallen geschehende Intermissionen einer
gung auf den Hörnerven einwirken und durch diesen eine
lung von einer der Zahl der Intermissionen entsprechenden
itteln können.

ssionen der Empfindung, welche einen den Schwebungen beim Zu-
g ähnlichen Eindruck hervorbringen, lassen sich nach dem Vorgange
NIG und A. M. MAYER[1]) auch mittelst eines einzigen Tones erzeugen,
eine Stimmgabel in der in Fig. 123, S. 460 angegebenen Weise
Resonator schwingen lässt, während zugleich zwischen Stimmgabel
or eine mit Löchern versehene Scheibe mit gleichmäßiger Geschwin-
t. Leitet man dann einem entfernten Ohr durch einen Kautschuk-
e durch die Scheibe unterbrochenen Tonwellen zu, so nimmt dieses
ße wahr, die mit wachsender Geschwindigkeit der Scheibe immer
erden und zuletzt in einen continuirlichen Eindruck verschmelzen.
nn, wie KOENIG fand, bei geeigneter Geschwindigkeit ein der Zahl
entsprechender Intermittenzton entstehen. A. M. MAYER benützte
chsanordnung, um zu bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit bei
en Tönen die Tonstöße auf einander folgen müssen, damit sie zu
uirlichen Empfindung werden. Bei der von MAYER gewählten An-
ei welcher der Durchmesser der Löcher halb so groß war als ihr
gaben sich je nach Tonhöhe t und Schwingungszahl n der Töne in
rschiedenen Personen und zu verschiedener Zeit ausgeführten Ver-
(I und II) folgende Werthe (d) für die Zahl der Tonstöße in der
er die Empfindung continuirlich wurde. l bezeichnet die Zahl der
hierbei auf einen einzelnen Tonstoß kamen.

---

e hier mit den Combinationstönen zusammenwirken. Aber da in diesen
ner Tonstärke, die trotz der in den tieferen Octaven keineswegs die Grenze
mmung überschreitenden Schwingungsdifferenz keine Spur von Schwebungen
gleichwohl deutliche Differenztöne wahrgenommen werden, so ist die Auf-
letzteren als Stoßtöne mindestens zweifelhaft. Nur bei sehr großer Ton-
auch consonante Intervalle unter geeigneten Bedingungen Schwebungen
och auch in diesem Fall nur schwach sind. Bei solchen Tonstärken wird
die Mitwirkung eines Stoßtones nicht auszuschließen sein.

[1]) KOENIG, POGG. Ann. CLVII, S. 228. A. M. MAYER, Amer. Journal of sciences,
p. 241. Phil. Mag. XLIX, p. 352, 428.

t	n	d		l	
		I	II	I	II
C	64	16	25	4	2,5
c	128	26	45	4,9	2,8
c^1	256	47	70	5,4	3,6
g^1	384	60	102	6,4	3,7
c^2	512	78	130	6,5	3,9
e^2	640	90	152	7,1	4,1
g^2	768	109	166	7,0	4,6
c^3	1024	135	180	7,6	5,6

Diese Zahlen geben jedoch nur ein gewisses Maß ab für die relati
der Nachdauer der Tonempfindungen je nach der Tonhöhe. Die absolu
der Nachdauer kann aus ihnen nicht entnommen werden, da der
schon dann discontinuirlich erscheinen wird, wenn sich die Maxima der
Tonstöße zureichend deutlich von einander abheben. Aus der viel
Nachdauer der tiefen Töne erklärt sich übrigens die bekannte Thatsac
tiefe Töne schon beim Trillern, wo sich selten mehr als 10 Tonstöße in
cunde folgen, in einander fließen. Auch mit den Beobachtungen über d
Grenze der Schwebungen lassen diese Versuche keine unmittelbare Verg
zu. Denn bei der obigen Versuchsanordnung ist die Verschmelzung d
jedenfalls nicht bloß von der Zahl der Tonstöße, sondern auch von de
der Intermissionen abhängig. Mit der Vergrößerung der Zwischenräu
schen den Löchern wird daher eine größere, mit deren Verkleineru
kleinere Zahl von Stößen zur Erzeugung einer continuirlichen Empfinc
forderlich sein. Den bei den Schwebungen obwaltenden Verhältnisse
man voraussichtlich am meisten sich nähern, wenn die Zwischenräume
groß wie die Durchmesser der Löcher selbst genommen würden, w
jedem Vorübergang vor dem Resonator ein dem stetigen Verlauf der Schw
entsprechendes An- und Abschwellen des Tones entsprechen muss.

Die Ermittelung der Grenze, wo die Tonstöße, die zwei vom Eink
verstimmte Töne hervorbringen, einer stetigen Empfindung Platz mach
selbstverständlich einfache, obertonfreie Klänge und überdies die An
von Tonhöhen voraus, bei denen ein zureichender Spielraum für die
bungen bleibt. Bei tieferen Tönen gelangt man schon zu einem con
Intervall, ehe die Grenze der deutlich wahrnehmbaren Tonstöße err
Bei consonanten Intervallen einfacher Töne verschwinden aber die Schw
völlig, und schon bei der Annäherung an dieselben nimmt die Inten
Stöße beträchtlich ab, ausgenommen bei ungewöhnlich starken Tönen,
immerhin die Tonstöße consonanter Intervalle sehr schwach bleiben.
Octave von $c^2 = 512$ bis $c^3 = 1024$ Schwingungen lässt sich das An
der Schwebungen ohne diesen Einfluss verfolgen. Die Feststellung der
wo hier die Schwebungen aufhören, wird aber nun dadurch erschwe
der Zusammenklang zuerst den Charakter einer unbestimmten Rauhig
nimmt, um dann allmählich in die reine Dissonanzempfindung über
Schon die zwischen der Wahrnehmung intermittirender Tonstöße und de
Dissonanz stehende Empfindung einer unbestimmten Rauhigkeit ersch
übrigens als eine stetig andauernde Empfindung. Ich möchte sie
druck vergleichen, den auf das Tastorgan eine rauhe Oberfläche dann

nn die Discontinuitäten derselben unter der Unterschiedsschwelle
ernach müssen bei dem Zusammenklang solcher vom Einklang aus
Töne drei Momente als verschiedene Thatsachen der Empfindung
gehalten werden: 1) die reine Dissonanz, bei der die Töne als
nmengehörig aufgefasst, aber stetig und ohne irgend eine Rauhigkeit
nder gehört werden, 2) die Dissonanz mit gleichmäßig andauernder
die ebenfalls den Charakter einer stetigen Empfindung besitzt, und
die Dissonanz mit discontinuirlicher Rauhigkeit oder mit wahrnehm-
missionen der Empfindung[1]. Wird bei abnehmenden Schwebungen
hied der Tonhöhen unmerklich, so geht dann dieses letzte Stadium
heinung der Schwebungen ohne Dissonanz über. Dieser ganze Ver-
deutlich, dass Tonstöße und Dissonanz zwar häufig mit einander
, an sich aber verschiedene Erscheinungen sind. Zu dem nämlichen
gelangten, wie oben bemerkt, auf anderem Wege TERQUEM und
indem sie von zwei dissonirenden Tönen den einen dem rechten,
dem linken Ohre zuleiteten. Aus allem diesem ist zu schließen,
scheinungen der Consonanz und Dissonanz nicht auf unmittelbaren
en der einfachen Tonempfindungen beruhen, sondern aus der wech-
Beziehung der letzteren hervorgehen. (Vgl. Cap. XII.)

40 von SORGE entdeckten und dann von TARTINI beschriebenen, nach
en auch TARTINI'sche Töne genannten, Differenztöne wurden früher
ach dem Vorgange von THOMAS YOUNG in dem Sinne für subjec-
rungs gehalten, dass man annahm, jede regelmäßige Intermission
gung werde von dem Hörnerven als Ton empfunden, und es setzten
die Schwebungen, sobald ihre Geschwindigkeit die untere Tongrenze
n einem Tone zusammen. Der Erste, der im Gegensatz hierzu eine
Entstehung der Combinationstöne durch die Bildung resultirender
ungen annahm, scheint DOVE gewesen zu sein, dem SEEBECK sich
Beide stützten sich dabei auf Versuche, bei denen der eine Ton
n, der andere dem linken Ohr zugeleitet wurde, und in denen sich
nur dann Combinationstöne entstanden, wenn durch Luft- oder
nleitung beide Luftbewegungen zu einem und demselben Ohre

[1] n vorhergegangenen Auflagen dieses Werkes habe ich der üblichen Ver-
r Empfindungen der Dissonanz und der Tonstöße durch die Beschränkung
der »Rauhigkeit« auf die wahrnehmbaren Intermissionen des Klangs zu
sucht. Nach nochmaliger Prüfung der Sache scheint mir aber die Unter-
iner stetigen und einer unstetigen Rauhigkeit dem Thatbestande der
n besser zu entsprechen. Aus dem allmählichen Uebergang dieser ver-
Stadien der die Dissonanz begleitenden Interferenzerscheinungen erklärt
, wie leicht eine Vermengung dieser Erscheinungen eintreten kann. Uebri-
auch noch die sich beimengenden resultirenden Töne, zuerst der auf
nte Zwischenton, dann der Stoßton, bei der Bestimmung der Schwebungs-
nd einwirken. Namentlich der erstere kann mit einem der primären Töne
n bilden, die stärker als die anderen gehört werden. Hierauf beruht es
wenn zwei Töne vom Einklang aus weiter und weiter verstimmt werden,
tz zunehmender Schwingungsdifferenz die Schwebungen wieder langsamer
cheinen, und zwar unter Umständen, wo von oberen Tonstößen nicht die
nn.

gelangen konnten [1]). Hiervon abgesehen steht übrigens der Annahme ein
jectiven Ursprungs der Combinationstöne die Thatsache im Wege, da
unter gewissen Bedingungen Combinationstöne objectiv in der äußeren Lu
hervorbringen lassen: so z. B. in dem Luftraum einer Doppelsirene oder
Windkasten der Physharmonica. Nun sind allerdings in den meisten
namentlich wenn schwächere Combinationstöne gehört werden, dieselben
äußeren Luftraum nicht nachweisbar; es kann dann aber angenommen w
dass bei der Uebertragung der Schwingungen auf das Ohr in den Theil
letzteren die resultirenden Schwingungen entstehen. Helmholtz verm
diese Theile, wie schon vor ihm Seebeck, in dem Trommelfell und den
knöchelchen und wies auf die asymmetrische Gestalt des ersteren als
die Entstehung resultirender Schwingungen begünstigendes Moment hin.
leitete er zugleich aus der mathematischen Theorie solcher zusammeng
Bewegungen neben den früher allein bekannten Differenztönen die Ents
von Summationstönen ab [2]). Dagegen glaubte R. Koenig für die von ihm
suchten Stoßtöne wegen ihrer abweichenden Entstehungsbedingungen
auf die ältere Voraussetzung zurückgehen zu müssen, dass sich Intermi
des Schalls, sofern sie nur regelmäßig seien, zu einer Tonempfindung zusa
setzen können, und er suchte dies noch dadurch zu erweisen, dass er a
schiedenen Wegen, z. B. indem er den Ton einer Stimmgabel mittels
rasch sich drehenden durchlöcherten Scheibe intermittirend in das Ohr g
liess, »Intermittenztöne« herstellte [3]). Während jedoch Koenig neben
Entstehungsweise der Stoß- und Intermittenztöne für die eigentlichen Co
tionstöne die Helmholtz'sche Erklärung beibehielt und nur die Hörbark
letzteren gegenüber den von ihm entdeckten Stoßtönen wesentlich einsch
betrachteten andere Forscher, zu der früheren Ansicht Thomas Young's z
kehrend, die Differenz- und die Intermittenztöne als Töne gleichen Urs
wogegen die Summationstöne wegen ihrer außerordentlich geringen In
oder der Möglichkeit, sie als Differenztöne höherer Ordnung oder als S
von Obertönen aufzufassen, überhaupt nicht ins Gewicht fielen. Nam
wurde hierbei geltend gemacht, dass Personen mit völlig mangelndem Tr
fell unter Umständen die Combinationstöne hören [4]), und dass nicht selten
bei verklingenden Stimmgabelklängen, die Differenztöne die Stärke der pr
Töne erreichen können, während sie nach der Helmholtz'schen Theorie
von viel geringerer Intensität sein müssen [5]). Aber was den ersteren E
betrifft, so würde noch festzustellen sein, ob dabei wirklich Combinati
und nicht etwa Stoßtöne gehört werden, und außerdem ist es sogar f
ob die allgemeine Ableitung der Combinationstöne aus dem objectiven Zusa
wirken der Schwingungen der primären Töne an die specielle Rolle, die
holtz in seiner Theorie dem Trommelfell zuwies, nothwendig gebunc
Wo jedoch die Differenztöne den primären gleichkommen oder sie über
da dürfte es sich, wie aus den Entwicklungen von W. Voigt hervorg
Wahrheit um Stoßtöne handeln. Nach der von diesem Physiker aufge

1) Dove, Repertorium der Physik, II, 1839, S. 404. Seebeck, ebend. VII
S. 108.
2) Helmholtz, Pogg. Ann. XCIX, S. 497 ff.
3) Koenig, Quelques expériences d'acoustique. Paris 1882, p. 138 ff.
4) Dennert, Archiv f. Ohrenheilkunde, XXIV, S. 171 ff.
5) L. Hermann, Pflüger's Archiv, XLIX, S. 499 ff.

d nämlich beiderlei Töne insofern ähnlichen Ursprungs, als sie auf
Bedingungen beruhen. Der Unterschied liegt nur darin, dass bei
ıationstönen, wo die Energie beider Tonbewegungen dieselbe ist,
na und Minima der Schwingungen entstehen, die mit denen der
öne nicht zusammenfallen, während bei den Stoßtönen, wo die Am-
höheren Tones viel kleiner ist, als die des tieferen, keine neuen
l Minima sich bilden, sondern nur gewisse, den Tonstößen entspre-
sen der Schwingungen des tieferen Tones verstärkt werden. Diese
IGT theoretisch abgeleiteten Bedingungen für die Entstehung von
cheinen sich auch in der Beobachtung zu bestätigen: man hört näm-
ım deutlichsten entweder bei starken Tönen, wo die Schwingungen
ı meist eine größere lebendige Kraft besitzen als die des höheren,
bei verklingenden Stimmgabeltönen, wo das nämliche einzutreten
seinen neueren Arbeiten hat übrigens R. KOENIG das Gebiet der
f Kosten der eigentlichen Differenztöne immer weiter ausgedehnt, so
ehr fast alle Differenztöne von ihm als Stoßtöne gedeutet werden.
die Stoßtöne mit primären Differenztönen zusammenfallen und nur
e Intensität besitzen, da ist natürlich die Existenz eigentlicher Diffe-
cht ausgeschlossen, ebenso wie auch Uebergangsformen zwischen
den Stoßtönen vorkommen können. Doch, wie es sich auch mit
zbestimmung verhalten möge, jedenfalls ist mit dem Vorkommen der
e HELMHOLTZ'sche Annahme unvereinbar, dass der Hörnerv nur
ıdungen vermitteln könne, wenn er von bestimmten resonanzgeben-
ten, z. B. den aliquoten Theilen der Grundmembran aus, in Erre-
zt werde; denn solche Resonanzapparate werden immer nur in
sinusartige Schwingungen gerathen können, die, wenn sie aus dem
irken zweier Wellenzüge resultiren, viel schwächer als die der pri-
sind. Uebrigens hat jene auf die Theorie der specifischen Energien
Annahme auch andern Erscheinungen gegenüber wenig Wahrschein-
irfte z. B. die unverhältnissmäßige Intensität der durch Kopfknochen-
rgenommenen Töne nur verständlich werden, wenn man eine di-
gbarkeit der Hörnervenfasern durch Schwingungen annimmt. Da die
Hörnerven in der Schnecke von der Grundmembran oder andern
en Theilen aus ebenfalls höchst wahrscheinlich nur mechanisch er-
n, so liegt diese Voraussetzung ohnehin nahe. Da jedoch die
ung, die eine Hörnervenfaser vermittelt, nicht nur von der Zahl der
Zeiteinheit treffenden Impulse, sondern auch davon abhängen
durch einen gegebenen Ton mehr oder weniger leicht angesprochen
n, so wird selbst dann, wenn eine diffuse Tonmasse direct auf den
einwirkt, bis zu einem gewissen Grade eine Sonderung der Tonem-
entstehen können, indem jede Faser durch diejenigen Oscillationen
e erregbar ist, die in Folge des Zusammenhangs ihrer Endigungen
nten resonanzgebenden Theilen der Schnecke ihre gewöhnlichen Er-
Auch die Resonanzhypothese braucht also damit, dass man für
le eine von andern Theilen des Gehörapparates und seiner Umgebung
lende, von Schall- oder selbst Tonempfindung begleitete Einwirkung
rnerven annimmt, keineswegs völlig aufgegeben zu werden [1]).

[1]) hierzu Cap. VII, S. 343.

Für die hier erörterte Frage der directen Erregbarkeit des Hö
durch Schallbewegungen sind die Erscheinungen des binauralen I
von Schwebungen und Differenz- oder Stoßtönen, die ab
Theil noch der genaueren Untersuchung bedürfen, von besonderem In
Bringt man zwei Stimmgabeln von verschiedener Schwingungszahl
vor das rechte, die andere vor das linke Ohr, so hört man unter de
hierzu geeigneten Bedingungen sowohl Schwebungen wie Differenztö
DOVE zuerst beobachtet hat[1]. Gewöhnlich nimmt man an, dass hie
Schwingungen entweder durch die Luft oder durch Knochenleitung vo
Ohr zum andern gelangen. Schon DOVE erschloss daher aus diesem V
wie oben bemerkt, die objective Natur der Combinationstöne. Jene
Differenztöne zutreffende Voraussetzung gilt jedoch nach verschiedenen B
tungen nicht für die Schwebungen, vielmehr können die letzteren au
zu Stande kommen, wenn die Bedingungen solche sind, dass weder du
Luft noch durch die Kopfknochen eine Leitung der Tonschwingungen
einen auf die andere Seite stattfinden kann. So beobachteten CROSS und G
dass die Schwingungen zweier Stimmgabeln, die zu schwach waren, um
ihre Stiele zwischen die Zähne gepresst wurden, gehört zu werden, gleich
einander Schwebungen bildeten, wenn jede mit je einem der in beide Oh
brachten Wachspröpfe in Verbindung gebracht wurde. Da durch die Zähne
pfindlichste Knochenleitung des Schalls stattfindet, während der Wachsve
des Ohres, wie man sich durch besondere Versuche überzeugen kann, b
schwachen Tönen nur die Einwirkung auf das Trommelfell der gleiche
verstärkt, so scheint hierbei eine andere Entstehungsweise der Schwe
als durch eine centrale Interferenz ausgeschlossen zu sein. Es konnt
auf diese Weise bis zu 12 Schwebungen in der Secunde wahrgenomm
bei unwissentlichem Verfahren richtig bestimmt werden[2]. Ebenso
SCRIPTURE, wenn zwei Stimmgabeln von so geringer Amplitude, dass
einer jeden nur für das Ohr der gleichen Seite wahrnehmbar war,
einwirkten, Schwebungen wahrnehmen, sobald eine geringe Schwingungsd
vorhanden war[3]. Dagegen wurden niemals in solchen Fällen Differ
wahrgenommen. Aus diesen Beobachtungen, die freilich noch der Wiede
unter sorgfältiger Variirung der Bedingungen, namentlich auch mit Rü
auf die Frage bedürfen, bis zu welcher Anzahl die binaural erzeugten
bungen wahrnehmbar sind, scheint sich zu ergeben, dass sich auch dur
Interferenz der Erregungsvorgänge im Centralorgan Schwebungen bilden
was nur möglich ist, wenn die Erregungsvorgänge selbst von oscillat
Art sind. Zugleich scheint es aber, dass derartige binaural entstehende
bungen nur unter besonders günstigen Bedingungen (wahrscheinlich b
zur periodisch eintretenden völligen Aufhebung der Schwingungen ge
Tonstärke und bei geringem Schwingungsunterschied) wahrzunehmen si
anderseits TERQUEM und BOUSSINESQ die Einwirkung stark dissonirender T
je ein Ohr benützen konnten, um Dissonanzen ohne Schwebungen zu
achten[4]. Auf die oscillatorische Beschaffenheit eines Theils der c

1) DOVE, a. a. O. und Optische Studien (Fortsetzung). Berlin 1859, S. 50 f.
2) CROSS and GOODWIN, Proc. of the americ. Acad. Vol. XXVII, 10. Jun. 18
3) E. W. SCRIPTURE, Phil. Stud. VII, S. 631 ff., VIII, S. 638.
4) Vgl. oben S. 470. CROSS und GOODWIN geben, wie bemerkt, als höchste v
angewandte Schwingungsdifferenz 12 an. SCRIPTURE beschreibt zwei Versuche, i

er Tonerregung würde auch eine Beobachtung von THOMPSON
rden können, nach welcher der subjective Nachton eines lauten
einem gleichzeitig angegebenen schwachen Ton Schwebungen
s scheint aber diese Beobachtung nur bei ausnahmsweise großer
eit des Hörcentrums zu glücken. Endlich hat R. EWALD in seinen
rsuchen am Ohrlabyrinth gefunden, dass Tauben, bei denen das
nth exstirpirt und der Hörnerv bloßgelegt war, noch auf Schallreize
Da in diesem Fall die Schallbewegung zu schwach war, um als
irgend welche Nerven einwirken zu können, und da sie doch bei
Mangel des Schneckenapparates anders als direct auf den Hörnerven
konnte, so werden durch diese Beobachtung zugleich alle die
Wahrnehmungen unterstützt, welche für eine directe Reizbarkeit
en für Schallreize in die Schranken treten, wie die Stoß- und
ne und das binaurale Hören von Schwebungen. Hiernach werden
men haben, dass die Schallwellen überhaupt in zweierlei Weise
nerven einwirken können: erstens direct, indem sich unter be-
ingungen, welche die Dazwischenkunft der Apparate des Schnecken-
sschließen, die Schallwellen auf den Acusticus übertragen, und zwei-
ct, indem die Schwingungen sich zunächst auf die Resonanzapparate
e und dann von diesen aus auf den Hörnerven fortpflanzen. Da
Fall die Einwirkung, welche die Hörnervenfasern erfahren, der
völlig gleicht, dass es sich auch hier nur um eine mechanische
rische Reizung handelt, so schließen sich beide Reizungsformen
ht aus. Der Resonanzapparat der Schnecke ist aber allein geeignet,
ng einer Klangmasse in ihre einzelnen Töne zu Stande zu bringen,
die analysirende Function des Gehörssinnes so wesentlich ist. Die
othese ist daher mit der Annahme einer directen Erregbarkeit des
rch Schallwellen nur so lange unvereinbar, als man an dem Dogma
nen Energie festhält. Dagegen wird die directe akustische Reizbar-
ven fast zu einer nothwendigen Folgerung aus der mechanischen
se des Resonanzapparates, sobald man jenes Dogma aufgibt und
ne Form des Sinnesreizes allein in den gerade in diesem Fall me-
lkommen verständlichen Uebertragungsapparaten im Sinnesorgan er-
nun aber jene directe Reizbarkeit des Hörnerven nach der Gesammt-

fferenz 5, im andern 35 betrug. Aber nach der Beschreibung des zweiten
eint es mir zweifelhaft, ob es sich dabei wirklich um binaural entstan-
ungen handelte, da nur das Nichtentstehen eines Differenztones, nicht
ung zum andern Ohr ausschließende Schwäche des Tones hervorgehoben
tand, dass nachweisbar bei vorwiegender Wirkung eines Tones auf das
nnoch durch die Kopfknochen eine Leitung zum andern Ohre statt-
hat mehrere Beobachter veranlasst, in allen Fällen, wo in der oben an-
eise auf scheinbar binauralem Wege Schwebungen beobachtet werden,
ne Entstehung derselben in einem Ohre anzunehmen, so besonders MACH
renheilkunde, N. F. III, S. 72 ff.) und K. L. SCHAEFER (Zeitschr. f. Psych.
Sinnesorg. II, S. 111 ff. und IV, S. 348 ff.). Aber in mehreren der oben
rsuche scheint doch die Möglichkeit einer Kopfknochenleitung so bestimmt
n zu sein, dass der allgemeine Nachweis derselben in andern Fällen
t, wenn auch anerkannt werden muss, dass sorgfältige Wiederholungen
che bei ihrer großen theoretischen Wichtigkeit in hohem Grade wün-
sind. 1) S. P. THOMPSON, Phil. Mag. (5) XII, p. 315 ff.
ALD, Physiolog. Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus.
892, S. 24 ff.

heit der obigen Ergebnisse nicht mehr bestreitbar sein dürfte, so w
nun auch umgekehrt die physiologischen Verhältnisse am Gehörorgan a
entscheidenden Gegenbeweis gegen die Annahme der specifischen Energ
sehen müssen[1]).

Schon vor der Auffindung dieser empirischen Gegeninstanzen hat
gens die Anwendung der Lehre von den specifischen Energien auf
hörssinn zu verschiedenen Hypothesenbildungen geführt, die darin
stimmen, dass sie die Thatsachen nicht erklären, sondern ihnen über
wenn nicht in Widerspruch stehende Annahmen hinzufügen. Besond
legenheit pflegte dabei das Bedenken zu bereiten, dass die Fähigkeit eine
unendliche Menge von Tonhöhen zu unterscheiden eine ebenso unendli
specifisch verschiedener Organe fordern würde. HELMHOLTZ hat sich hi
die S. 325 erwähnte Annahme geholfen, dass nur gewisse um endliche
entfernte Töne specifischen Endorganen entsprechen, und dass die zw
liegenden Töne oder vielleicht auch alle Töne eigentlich Mischempfi
seien. Da nun trotz der Fähigkeit unseres Gehörs Klänge zu analysi
trotz seiner Eigenschaft zwischen einander naheliegenden Tönen Schw
wahrzunehmen, von einer solchen Zusammensetzung der einfachen Tön
zu bemerken ist, so verfährt augenscheinlich E. MACH am consequenteste
er alle Tonempfindungen aus nur **zwei** specifischen Energien ableitet, vo
dann die eine mit dem tiefsten, die andere mit dem höchsten Ton zus
fallen kann, während die ganze übrige Tonreihe durch Mischung die
Grundtöne zu Stande kommt[2]). Dass eine ganze Reihe durch die neue
siologische Akustik festgestellter Erscheinungen, die Stoßtöne, der Einf
Phasendifferenz auf die Klangfarbe u. a., mit diesen Vorstellungen übe
fische Energie unvereinbar ist, bedarf keiner näheren Nachweisung. Int
wenn auch nach keiner Richtung entscheidend für die vorliegende Fr
die von STUMPF gesammelten Beobachtungen über partielle, theils vorüber
theils dauernde Störungen der Tonempfindung bei Musikern. Indem in
Fällen zuweilen nur eine bestimmte kleinere Strecke der Tonlinie, z.
Terz, ausfiel, während alle andern Töne empfunden werden konnten,
dieselben für ein Gebundensein einzelner Theile der Tonreihe an b
physiologische Substrate. Doch ist freilich unbekannt, inwieweit es sich
betreffenden Fällen um peripherische oder um centrale Störungen h
Bemerkenswerth ist auch, dass die Töne, für welche partielle Taubhei
treten war, noch als klatschende Geräusche empfunden wurden[3]).

Für die **Theorie der Klangempfindungen** bleibt hiernach
wichtigste Gesichtspunkt der bestehen, dass der Gehörssinn ein **analy
der Sinn** ist (S. 447): er zerlegt eine Klangmasse in ihre Bestandth
einfachen Töne, und diese bilden eine zwischen der oberen und unter
grenze eingeschlossene stetige Mannigfaltigkeit von **einer** Dimensio

1) Von der 1. Aufl. des vorliegenden Werkes an habe ich die Einrichtu
Gehörorganes vorzugsweise als solche betrachtet, die gegen die Lehre von d
fischen Energien zu sprechen scheinen. Das Nämliche hat in jüngster Z
H. SCHWARZ (Das Wahrnehmungsproblem, S. 150, 236 ff.) betont. Die physiol
Beweise, die oben erwähnt werden, gehören aber freilich zumeist erst der
Zeit an. Vgl. hierzu meine Bemerkungen, Phil. Stud. VIII, S. 641 ff.

2) E. MACH, Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886, S. 121.

3) STUMPF, Tonpsychologie, S. 411 ff.

ɔstufung der Empfindungen folgt aber zugleich unsere Auffassung der indem gleichen absoluten Unterschieden der Schwingungszahlen solute Unterschiede der Tonqualität entsprechen, und indem wir in ll das gleich Verschiedene auch als gleich verschieden auffassen. gt ein wesentlicher Unterschied der Auffassung stetig veränderlicher gsqualitäten von der Auffassung der dem WEBER'schen Gesetze folmpfindungsintensitäten, ein Unterschied, der jedoch mit der psycho-Interpretation des letzteren Gesetzes vereinbar sein dürfte. Denn in litätenreihe hat jede Empfindung an sich einen einer andern Empfinhen Werth, insofern nicht secundäre Momente der Sinneserregung mit t kommen, während in einer Intensitätenreihe im allgemeinen die Empfindung für die Apperception einen geringeren Werth hat als . Eben deshalb wird nun aber auch die gleiche Aenderung dort von Wirkung sein als hier[1]. Die unmittelbare Abschätzung von Tonhöhen ıpfindung ist demnach unabhängig von den Bedingungen, welche die en der musikalischen Scala bestimmt haben, und welche, weil sie auf dung der Empfindungen zu zusammengesetzten Vorstellungen beruhen, e die Consonanz und Dissonanz und die Bedeutung der Differenz- und für die Erscheinungen der Harmonie und Disharmonie uns erst im Abschnitt beschäftigen werden.

allen diesen Fragen gehört nur die nach den Ursachen der Abstu- Töne in das Gebiet der Empfindungslehre. Auch sie ist Gegenstand culationen gewesen. Die älteren Theorien identificiren hier unmittel-Auffassung von Tonunterschieden überhaupt mit der Auffassung der hen Intervalle. In Anbetracht der regelmäßigen Verhältnisse der ıgszahlen bei den harmonischen Intervallen führte man beides auf ein es Zählen zurück, für welches einfachere Zahlenverhältnisse leichter n seien als complicirtere, und für welches es sich überall nur um tzung von Verhältnissen, nicht um eine Auffassung absoluter de handeln könne. Diese besonders von EULER[2] vertretene ältere st hauptsächlich durch die von HELMHOLTZ aufgestellte Theorie der ıonie, die als das bestimmende Moment für die Entstehung der musi- Intervalle die Klangverwandtschaft nachweist, verdrängt worden. In ziehung ist aber auch hier noch eine Nachwirkung jener älteren Aufı bemerken, insofern nämlich HELMHOLTZ ebenfalls Tonabstufung überd Abstufung nach musikalischen Intervallen für identisch und daher von Klangverwandtschaft geleitete Abmessung von Tonunterschieden glich hält.

---

[1] s unsere Benennungen hoch und tief für die Töne eine dem Unterschied und schwach analoge Bedeutung nicht besitzen, erhellt schon aus der Thatss beispielsweise der Chinese unsern hohen Ton als tief und unsern tiefen ezeichnet.

[2] a theoria musicae, Cap. II.

1. Lichtempfindungen.

Unsere Lichtempfindungen unterscheiden wir nach dr
änderlichen Bestimmungen: 1) nach der Qualität der Farbe od
Farbenton, 2) nach der Sättigung der Farbe oder dem Fa
grad und 3) nach der Lichtintensität oder der Stärke der
dung. Unter dem Farbengrad verstehen wir den Grad, in welc
einer Farbenempfindung die Farbenqualität über die ihr beigemeng
lose Lichtempfindung überwiegt[1]). Wir nennen eine Farbe um s
oder gesättigter, je weniger farbloses Licht (Weiß, Grau oder S
ihr beigemischt ist; das Weiß selbst nebst seinen Intensitätsabst
bis zum Schwarz kann in diesem Sinne als der geringste Grad eine
Farbe betrachtet werden. Von den genannten drei Modalität
Lichtempfindung ist im allgemeinen die erste, der Farbenton, v
Wellenlänge, die zweite, der Farbengrad, von der Beimengung v
anderer Wellenlänge, die dritte, die Lichtstärke, von der Schwingung
tude abhängig. Wir wollen diese drei Eigenschaften vorläufig so
suchen, als wenn sie, ähnlich etwa wie die Höhe und Stärke eines
völlig unabhängig von einander variirt werden könnten, obgleich d
wir später sehen werden, nicht der Fall ist, da die Lichtstärke di
gung und diese wieder die Farbenqualität verändert. Von diesen Ei
zunächst absehend, werden wir demnach der Untersuchung der
hier nur die einfachen oder gesättigten Farben zu Grund
das Weiß aber, obgleich es mit demselben Recht wie jede Farbe
Empfindungsqualität betrachtet werden kann, soll erst bei der S
zur Sprache kommen, weil es innerhalb der Abstufungen einer Fa
der vollkommenen Sättigung gegenüberstehenden Grenzfall bildet.
lich die Intensitätsabstufungen des Weiß werden nebst den Inte
der Farben an dritter Stelle betrachtet werden.

Es gibt nur einen einzigen Weg, um einfache Farbenempfin
in vollständiger Sättigung herzustellen: er besteht in der Zerleg
gewöhnlichen gemischten oder weißen Lichtes durch Brechung in d
zelnen einfachen Lichtarten von verschiedener Wellenlänge und Brech
Lässt man durch einen Spalt im Fensterladen eines verdunkelten Z

1) AUBERT (Grundzüge der physiologischen Optik, S. 517) hat zur Bezeichn
Sättigung einer Farbe das Wort Farbennuance vorgeschlagen. Da aber die
seit langer Zeit von vielen Autoren im nämlichen Sinne wie Farbenton gebrau
so sei es erlaubt statt dessen den solchen Verwechslungen minder aus
und vielleicht auch an und für sich bezeichnenderen Ausdruck Farben
gebrauchen.

nenstrahl auf ein dreiseitiges Flintglasprisma fallen, so wird der
ahl in Folge der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtarten von
ner Wellenlänge, die ihn zusammensetzen, in eine Reihe farbiger
ein Spektrum, aufgelöst. Das Licht von der größten Wellen-
d am schwächsten, das Licht von der kleinsten am stärksten
. Jenes empfinden wir roth, dieses violett, und zwischen beiden
nge, Gelb, Grün, Blau [1]), Indigblau stetig auf einander (Fig. 126) [2]).
r Richtung der aus dem Prisma austretenden Strahlen blickendes
mt diese
ne unmit-
ein sub-
Spektrum
ngt man
n einiger
g von
na einen

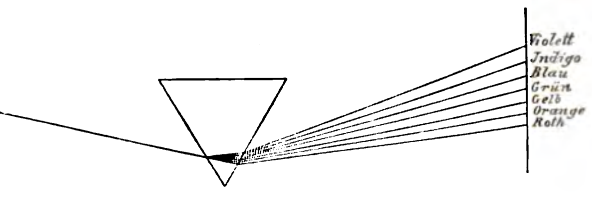


Fig. 126.

chirm an, so wird auf dem letzteren ein **objectives** Spektrum
ines farbigen Bandes entworfen. Durch Einschaltung einer achro-
Sammellinse in die austretenden Strahlen unmittelbar hinter dem
ird die deutliche Sonderung der Theile des Spektrums wesentlich
t. Außerdem lassen sich durch wiederholte Brechung in mehreren
ander aufgestellten Prismen die einzelnen Spektralfarben voll-

[1] das reine Blau wird häufig der Ausdruck **Cyanblau** (Cyaneum nach
gewandt.

[2] folgende kleine Tabelle enthält die aus den Interferenzversuchen berech-
nlängen in Milliontheilen eines Millimeter und die entsprechenden Schwin-
in Billionen auf die Secunde. Die FRAUNHOFER'sche Linie, aus deren
der Farbenton genommen wurde, ist in Klammer beigefügt. Die letzte Co-
ält außerdem die von S. P. LANGLEY (Americ. Journ. of Science XXXVI,
telst der Wärmeabsorption durch Ruß bestimmte relative Schwingungs-
einzelnen Strahlen.

		Wellenlänge	Schwingungszahl	Energie
h	(*B*)	687,8	450	21,6
th	(*C*)	656,4	472	22,1
b	(*D*)	588,8	526	21,6
ün	(*E*)	526,0	589	19,1
u	(*F*)	484,3	640	15,5
igblau	(*G*)	429,1	722	9,1
olett	(*H*)	392,8	790	4,8

lendung des übrigen Spektrums lässt sich noch eine kleine Strecke jenseits
n Linie *L*, welche das gewöhnlich sichtbare Violett begrenzt, eine Farbe
das Ultraviolett, welches bis zu einer Linie *R* reicht, die einer Wellenlänge
(Schwingungszahl 912) entspricht. Das Roth lässt sich unter günstigen Um-
zu einer Linie *A* mit der Wellenlänge 761,7 (Schwingungszahl 412, Schwin-
ie 20,1) erkennen. Im Spektrum des Rubidiumdampfes erscheinen aber noch
eits von *A* zwei intensiv rothe Linien.

ständiger von einander isoliren. Alle auf anderem Wege, nicht dur
legung des Sonnenlichtes, gewonnenen Farben besitzen keine v
dige Sättigung, so also namentlich auch diejenigen, welche in Fo
Absorption entstehen, die gewisse Strahlen des weißen Lichtes
Brechung und Reflexion erfahren. Von farbigen Gläsern oder f
Pigmenten kommt daher immer Licht verschiedener Brechbarke
durch Zerlegung solchen Lichtes mittelst des Prismas sich zeigen

Die einfachen Farben des prismatischen Spektrums bilden ein
stetig in einander übergehender Empfindungen. Die Mannigfaltigk
einfachen Farben kann demnach, ähnlich der Tonreihe, durch eine
dargestellt werden. Jede qualitativ bestimmte Farbenempfindung
einen Punkt dieser Linie, von welchem man stetig durch allm
Uebergänge zu jedem beliebigen andern Punkte derselben gelange
Aber die Farbenlinie unterscheidet sich von der Tonlinie zunächst d
dass eine bestimmte, den Abstufungen des äußeren Reizes entspre
Stufenfolge der Empfindungen nicht nachweisbar ist. Eine Farb
in dem Sinne wie es eine Tonscala gibt, existirt nicht[2]. Sodann
die Farbenempfindungen die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, d
die zwei an den beiden Enden des Spektrums stehenden Farbe
Roth und Violett, in ihrer qualitativen Beschaffenheit wieder e
nähern, demnach sich ähnlich verhalten wie zwei im Spektrum
barte Farben, z. B. Roth und Orange oder Blau und Indigbla
Farben bilden also nicht, wie die Töne, eine Linie, die immer in de
Richtung fortschreitet, sondern das Ende dieser Linie nähert sich
ihrem Anfang. Dies bedeutet offenbar, dass die genannte Lini
gerade ist, sondern eine irgendwie gekrümmte oder geknickte Fo
Die Verwandtschaft zwischen den beiden Endfarben des Spektru
am deutlichsten darin zu Tage, dass, wenn man dieselben misch
gesättigte, subjectiv vollkommen einfache Farbe entsteht, welche j
dem Mengeverhältniss der Componenten alle möglichen Uebergä
zwischen Roth und Violett enthält. Diese Farbe ist das **Purpur.**
selbe liegt dem Roth näher, wenn in der Mischung das Roth üb
(Karmesinroth), es nähert sich dem Violett, wenn von dieser Farb
in die Mischung eingeht (eigentliches Purpur). Hiernach lässt s

1) In fast vollständiger spektraler Reinheit lässt sich übrigens nach
KIRSCHMANN angegebenen Methode durch geeignete Combination farbiger Gelatin
die im durchfallenden Lichte benützt werden, monochromatisches Licht herstelle
Stud. VI, S. 543.)

2) Wenn man trotzdem, wie es mehrfach geschehen ist (NEWTON, Optic
pars II, Tab. III, Fig. 11. HELMHOLTZ, Physiol. Optik, Taf. IV, Fig. 1), eine Far
entwarf, so stützte man sich daher lediglich auf physikalische Analogien, nicht
subjectiven Eigenschaften der Farbenempfindung.

;igkeit der einfachen Farben als eine gekrümmte Linie darstellen, den in einander übergehen, am einfachsten als eine Kreislinie. rbenempfindungen bilden demnach eine in sich zurücklaufende ;igkeit. Hiermit hängt ein wesentlicher Unterschied der Farben- Tonempfindungen zusammen. Die Farbenlinie lässt sich nicht wie ie nach beiden Richtungen ins unendliche fortgesetzt denken, er Umfang der Farbenempfindungen ist ein in sich begrenzter. Ja , als wenn, falls wir uns die Veränderungen des Violett und des sie gegen die Enden des Spektrums hin stattfinden, weiter fort- enken wollten, dies nur in der Richtung der Farbentöne des eschehen könnte[1]). Uebrigens ist der Kreis zwar die einfachste wir für die Farbenlinie voraussetzen können, aber keineswegs e; irgend eine andere gegen ihren Ausgangspunkt zurücklaufende eine geknickte, aus gekrümmten oder geraden Theilen zusammen- Linie, z. B. ein geradliniges Dreieck, würde sie ebenfalls dar- Bedingung bei allen diesen Darstellungen bleibt nur, dass die nden sich wieder nähern und, wenn man die Ergänzung durch inzunimmt, in einander übergehen. Die purpurnen Farbentöne zugleich die einzigen unter allen Mischfarben, denen keine der Farben des Spektrums gleich ist. Mit der Ergänzung durch ellt also unsere Farbenlinie alle überhaupt möglichen gesättigten pfindungen dar.

man die Farbenlinie ohne Rücksicht auf die später zu bespre- Mischungserscheinungen, bloß nach der Abstufung der Empfindung n, so ist der Kreis die einfachste Form, weil der Kreis die ein- sich zurücklaufende Linie ist. Es bleibt dann aber noch die ng, die den einzelnen Farbentönen gegeben werden soll, will- Sollte hierfür aus der unmittelbaren Empfindung ein Maß ge- werden, so würde, da eine sichere quantitative Vergleichung endlicher Farbenintervalle nicht möglich ist, nur übrig bleiben, wie bei der Abstufung der Empfindungsintensität, von der minimaler Unterschiede auszugehen. Nun herrscht im größte Empfindlichkeit für den Wechsel des Farbentons, dann lau und Blaugrün; im Grün ist dieselbe geringer, und ebenso

---

[1]) gewöhnlich nicht sichtbaren brechbarsten Strahlen des Spektrums, die aber luss alles andern Lichtes sichtbar gemacht werden können, die über- Strahlen, erscheinen allerdings nicht purpurfarben, sondern bläulicher als iche Violett. Aber dies ist kein Widerspruch gegen die Annahme eines ens der Farbencurve. Denn jener bläuliche Farbenton wird durch die z der Netzhaut bedingt, welche bei den überviolетten Strahlen im Verhält- ntensität der Empfindung ihre größte Stärke erreicht. Das Fluorescenzlicht h, Weiß mit Violett gemischt gibt aber einen bläulichen Farbenton.

nimmt sie gegen das violette und rothe Ende des Spektrums bedeut ab. Die größte Bogenlänge auf dem Farbenkreis würden daher einers das Gelb, anderseits das Blau, die kleinste das Roth und Violett und n ihnen das Grün einnehmen. sind dies die nämlichen Farb welche, wie wir unten se werden, auch bei den Ersc nungen der Farbenmischung ausgezeichnete Rolle spielen. Fig. 127 ist diese Abstufung d die Breite der einzelnen Sect angedeutet. Genauer ergeben die Unterschiede aus Versu von DOBROWOLSKY, in denen über einander entworfene S tren so lange gegen einander schoben wurden, bis an der S



Fig. 127.

der zu beobachtenden Farbe ein Unterschied eben merklich war. D Verfahren ergab folgende Zahlen als Werthe der relativen Untersch empfindlichkeit für die Wellenlängen in den einzelnen Theilen des S trums:

Im Roth (Linie B—C)	Orange (C—D)	Gelb (D)	Gelbgrün (D—E
$^1/_{115}$—$^1/_{167}$	$^1/_{331}$	$^1/_{772}$	$^1/_{246}$

Grün (E)	Grünblau (E—F)	Blau (F)	Indigblau (G)	Violett (G—H
$^1/_{340}$	$^1/_{615}$	$^1/_{740}$	$^1/_{272}$	$^1/_{146}$

---

1) DOBROWOLSKY, Archiv f. Ophthalmologie, XVIII, 1. S. 66. Durchgängig sind die Zahlen, welche früher MANDELSTAMM erhielt, ebend. XIII, 2. S. 399. Ueb ist der Einfluss, welchen die Lichtstärke ausübt, wahrscheinlich in diesen Untersuc nicht zureichend berücksichtigt. Dass derselbe im Anfang des Spektrums (etwa Linie C) wahrscheinlich allein die Unterscheidung bestimmt, fanden KÖNIG und D in Versuchen, die sie nach der Methode der mittleren Fehler ausführten. wurden ebenfalls einander entsprechende Stellen zweier Spektren verglichen, a Einstellung so vorgenommen, dass die zu untersuchende Farbe des Vergleichsspe derjenigen des Normalspektrums subjectiv gleichgemacht und dann der beg Fehler bestimmt wurde. Die folgende kleine Tabelle gibt eine Uebersicht der R der beiden Beobachter (K und D). Die Wellenlängen sind, ebenso wie die m Fehler, in Milliontheilen eines Millimeter angegeben.

Wellenlängen	Mittlerer Fehler einer Einstellung K	D
640 (Roth)	1,28	1,82
610 (Orange)	0,56	0,78
580 (Gelb)	0,27	0,36
540 (Gelbgrün)	0,68	0,64

Wellenlängen	Mittlerer Fehler einer Einstell K	D
520 (Grün)	0,59	0,51
500 (Grünblau)	0,23 (0,41)	0,28 (0
480 (Blau)	0,28 (0,33)	0,26 (0
450 (–)	0,44 (0,82)	0,40 (0
430 (Indigblau	1,06 (0,69)	0,56 (0

n diesen Zahlen ausgedrückte Beziehung lässt sich hiernach in
Weise schematisch zur Darstellung bringen. Man denke sich die
ke des Farbenkreises, durch welche die Unterschiedsempfindlich-
ssen wird, in senkrechte Ordinaten verwandelt und auf eine
inie aufgetragen, auf welcher die Farben nach ihrer Brechbarkeit
sind. Man erhält so eine Curve, die sich beim Roth erhebt, beim
erstes Maximum erreicht, dann im Grün zu einem relativen
fällt, im Blau zu einem zweiten Maximum steigt und endlich im
eder sinkt (Fig. 128). Die drei niedrigsten Punkte dieser Curve
n der Anfangs- und Endfarbe sowie der mittleren Farbe des
.

lne der einfachen Farben werden in der Sprache durch ältere
ünglichere Bezeichnungen unterschieden als die übrigen. Sie
ptfarben (auch Principalfarben) genannt worden, während man
andern als Uebergangsfarben gegenüberstellt. Als solche Haupt-
ten deutlich durch ihre charakteristischen Namen Roth, Gelb,
d Blau uns entgegen.
Uebergangsfarben zwi-
wei Hauptfarben liegen,
elbstverständlich, dass
derselben verwandter
diese unter sich, und
aher auch in der Em-
als Zwischenstufen aufgefasst werden. Auch dies hat in den
en Bezeichnungen, wie Violett (Veilchenblau), Orangegelb, Gelb-
. w., seinen Ausdruck gefunden. Hieraus darf aber offenbar
t geschlossen werden, dass in unserer unmittelbaren Empfindung
farben einen von den Uebergangsfarben specifisch verschiedenen
besitzen, sondern da die Hauptfarben, wie die Geschichte der
wahrscheinlich macht, von gewissen ausgezeichneten Objecten,
das Grün von dem grünen Pflanzenfarbstoff, das Roth von dem

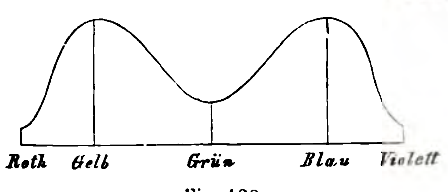


Fig. 128.

des mittleren Fehlers ist hier der Unterschiedsempfindlichkeit reciprok.
zeigt auch diese Tabelle Minima der U.-E. im Roth, Grün und Violett,
Gelb und Blau. Zugleich ergaben sich jedoch bei den kürzeren Wellen-
lich bedeutende Abweichungen bei schwacher und starker Beleuchtung.
für starke Lichtintensität sind oben in Klammern beigefügt. (WIEDEMANN's
, S. 529. Archiv f. Ophthalmol. XXX, 2, S. 171 ff.) Wesentlich überein-
Resultate erhielt UHTHOFF (Arch. f. Ophth. XXXIV, 4, S. 1 ff.) nach der Me-
ebenmerklichen Unterschiede sowie A. KÖNIG in späteren Beobachtungen
Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane III, S. 105). Im Unterschiede
sultaten DOBROWOLSKY's war in allen diesen Versuchen das zweite Maximum
dlichkeit (bei F) etwas größer als das erste (bei D) und mehr gegen Grün-
oben. Ein von UHTHOFF u. A. beobachtetes drittes Maximum im Violett rührt,
fand, nur von Helligkeitsunterschieden her.

Blutroth, ihre frühen Namen erhalten haben, so scheinen vielmel stimmte Sinneseindrücke die Wahl der Hauptfarben veranlasst zu l worauf dann von selbst den übrig bleibenden die Stellung von Ueber farben zufallen musste. Neben den genannten dürfte hierbei noc Blau des Himmels und dem durch den Contrast zum blauen Himme stehenden Gelb der Gestirne eine bestimmende Rolle zugefallen sein der Umstand, dass es gerade *vier* Hauptfarben gibt, mag viellei der subjectiven Natur der Empfindung eine gewisse Grundlage hab je zwei benachbarte Hauptfarben einander nahe genug sein müssen, bei allen zwischenliegenden Farben eine Verwandtschaft mit beiden lich werde. Wenn wir die Farbenreihe als eine in sich zurückla Curve betrachten, bei der man von unmerklichen zu merklichen un zu immer mehr übermerklichen Unterschieden übergeht, so lässt im allgemeinen begreifen, dass es für jeden Punkt derselben einen geben müsse, der einer Empfindung von der größtmöglichen quali Verschiedenheit entspricht. Bei der oben angedeuteten Ausmessu Bogenlängen des Farbenkreises nach Graden der Unterschiedsempfind sind aber, wenn man sich die Ergänzung durch Purpur hinzudenk Punkte der größten Farbendifferenz offenbar solche zu betrachten, von den Enden je eines Kreisdurchmessers berührt werden, und d Hauptfarben erhält man, wenn zuerst das zwischen den Enden des trums gelegene Purpur mit der ihm gegenüberliegenden mittleren Sp farbe Grün durch einen Durchmesser verbunden und außerdem der senkrechte Durchmesser gezogen wird: der letztere trifft dann di weiteren Hauptfarben Gelb und Blau (Fig. 127). Das Purpur st Roth zu wählen, dürfte deshalb gerechtfertigt sein, weil es die ausgeprägte Differenz zu den drei andern Hauptfarben zeigt, w mit demselben die Anfangs- und die Endfarbe des Spektrums in g Maße verwandt erscheinen. Ist *eine* Hauptfarbe bestimmt, so sin die drei andern von selbst als diejenigen gegeben, die auf dem na heiten der Unterschiedsempfindlichkeit construirten Farbenkreis um von einander entfernt sind.

Der *Farbengrad* besteht in jener Eigenthümlichkeit der empfindung, welche durch die mehr oder weniger bedeutende B gung der farblosen Empfindung zu einer reinen Farbenempfindu dingt wird. Das Weiß lässt sich als der geringste Grad jeder mö Farbenempfindung betrachten, und als gleichbedeutend mit Weiß

1) Um für das Purpur die entsprechenden Werthe der Unterschiedsempfin zu gewinnen, könnte man die minimalen Mischungsänderungen von Roth un als Maße der Unterschiedsempfindlichkeit benutzen; es liegen jedoch hierüb keine Versuche vor.

Beziehung dessen verschiedene Intensitätsabstufungen, Grau und
gelten. Der Begriff einer gesättigten Farbe hat übrigens durch-
ne subjective Bedeutung, und die Empfindung des Farbengrades
n hohem Grade von unserer wechselnden Empfindlichkeit ab-
t z. B. das Auge für Licht von einer gewissen Farbe abgestumpft,
ns eine geringe Beimengung derselben entgehen: es kann also
gefärbtes Licht vollkommen weiß erscheinen. Auf der andern
tzen die Empfindungen, welche die reinen Spektralfarben im
en Auge erzeugen, nicht die größte Sättigung, welche einer
rhaupt zukommen kann. Ist z. B. das Auge für grünes Licht
so erscheint das spektrale Roth in den ersten Augenblicken der
g gesättigter, als es gewöhnlich vom unermüdeten Auge gesehen
Begriff einer absolut gesättigten Farbe ist also ein Grenzbegriff,
unsere realen Empfindungen immer nur mehr oder weniger
können. Wenn wir die reinen Spektralfarben, wie sie dem uner-
uge erscheinen, zum Maß gesättigter Farbenempfindungen nehmen,
s nur die Bedeutung, dass sie unter unsern wirklichen Empfin-
der That im allgemeinen die höchsten Farbengrade darstellen.
u oder Schwarz aber nennen wir alle jene Empfindungen, in
ne farbige Beimengung mehr wahrnehmbar ist.

ewöhnliche Ursache, durch welche aus gesättigten Empfindungen
geringerem Sättigungsgrade entstehen, ist die Mischung ge-
r Farben. Es ist dies zugleich der einzige Weg, auf welchem,
Empfindlichkeit der Netzhaut ungeändert bleibt, der Farbengrad
hzeitige Aenderung der Lichtstärke geändert werden kann, der
so, der hier zunächst in Frage kommt, da uns der Einfluss
stärke auf die Qualität der Farbenempfindung erst später be-
soll.

Mischung gesättigter oder nahehin gesättigter Farben lässt sich
chiedenen Methoden bewerkstelligen. Man kann entweder direct
rben mischen, indem man die einzelnen Strahlen des prisma-
pektrums wieder durch Brechung vereinigt, oder man kann das
nten reflectirte Licht mischen, wobei freilich die in die Mischung
en Componenten niemals die Sättigung der Spektralfarben be-
att der directen Mischung der Aetherwellen lassen sich aber auch
ndungen mischen, indem man mittelst des Farbenkreisels in sehr
eitfolge auf eine und dieselbe Stelle der Netzhaut verschieden-
drücke einwirken lässt. Nach allen diesen Methoden findet man,
Mischung aller Spektralfarben in dem Intensitätsverhältniss, wie
onnenspektrum darbietet, Weiß erzeugt, eine Thatsache, welche
der Zerlegung des gemischten Sonnenlichtes in die einzelnen

Spektralfarben folgenden Schluss bestätigt. Man findet aber ferner
derselbe Erfolg durch eine geringere Anzahl, ja bei geeigneter Wahl
zwei einfache Farben bereits herbeigeführt werden kann. Zwei F
die qualitativ einander nahe stehen, geben nämlich gemischt einen F
ton, der auch im Farbenkreis zwischen ihnen gelegen ist; dieser
wenn die Farben weiter aus einander rücken, allmählich eine we
Beschaffenheit an, und bei einem bestimmten Unterschiede der
farben geht, wenn dieselben in den geeigneten Intensitätsverhältniss
sammenwirken, die resultirende Farbe in Weiß über. Wählt m
Distanz noch größer, so entsteht dann wieder eine Farbe, diese lieg
im Spektrum nicht mehr in der Mitte zwischen den beiden Misch
sondern zwischen der zweiten (brechbareren) Farbe und dem En
Spektrums, oder sie ist, wenn die Enden des Spektrums selb
mischt werden, Purpur. Jene Farben nun, welche in den gee
Intensitätsverhältnissen mit einander gemischt Weiß geben, nenn
Ergänzungsfarben (Complementärfarben). Auf diese Weise
man, dass

Roth und Grünblau,
Orange und Blau,
Gelb und Indigblau,
Grüngelb und Violett,
Grün und Purpur

einander complementär sind. Aus dieser Zusammenstellung folg
dem obigen von selbst, dass Roth mit einer vor Grünblau gel
Farbe, z. B. Grün, gemischt, je nachdem Roth oder Grün mehr übe
successiv Orange, Gelb, Gelbgrün gibt, dass dagegen Roth mit Bl
mischt Indigblau, Violett oder Purpur hervorbringt, und ähnlich b
übrigen Farben. Aus diesen Thatsachen lassen sich nun soglei
dingungen entwickeln, durch welche die Gestalt der Farbenlinie, st
oben nach der Abstufung der Farbenempfindung, vielmehr nach dem
seitigen Verhalten der einzelnen einfachen Farben bei Mischungen
bestimmt wird. Man kann z. B. die Farbenlinie so construiren, d
zwei Complementärfarben durch eine gerade Linie von constanter
verbunden werden: dann wird sie wieder zu einem Kreise; in
entsprechen aber den einzelnen Farbentönen andere Bogenlängen, als
man, wie oben, die Unterschiedsempfindlichkeit zum Maße nimmt. Suc
ferner dem Mischungsgesetz der Spektralfarben einen quanti
Ausdruck in der Farbencurve zu geben, so kann dies folgendermaß
schehen. Man stellt die Bedingung, dass, wie im Farbenkreis, all
schen je zwei Complementärfarben gezogenen Geraden in einem e

ich schneiden, dagegen sollen diese Geraden nicht mehr einander ondern so bestimmt sein, dass die Entfernung je einer Comple-rbe vom Durchschnittspunkt umgekehrt proportional ist der Inten-welcher sie, spektrale Sättigung vorausgesetzt, angewandt werden n Weiß zu erzeugen; oder mit andern Worten: die Theile der welche zu beiden Seiten des Durchschnittspunktes liegen, sollen lementären Wirksamkeit der entsprechenden Spektralfarben direct nal sein. Unter dieser Bedingung erhält man die in Fig. 129 te Curve *RGV*. Die Lücke zwischen *R* und *V* kann man sich s unter den Spektralfarben fehlende Purpur, das objectiv nur

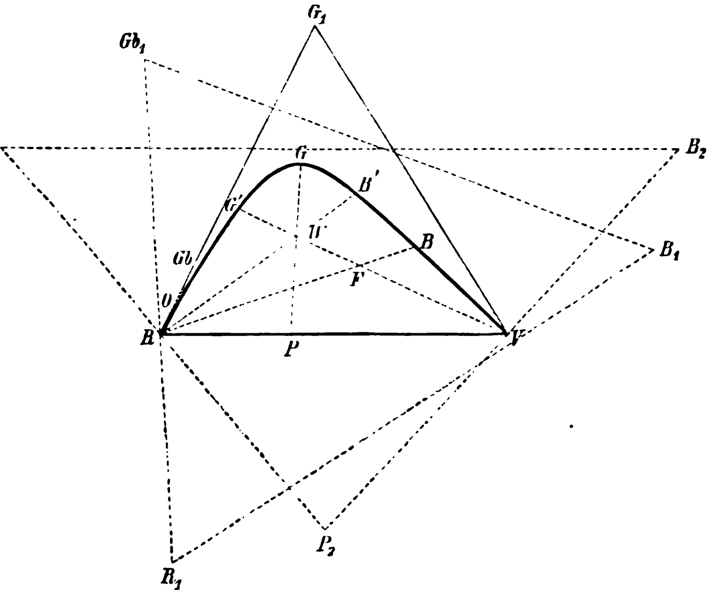


Fig. 129.

schung von Roth und Violett erzeugt werden kann, ausgefüllt Werden die gesättigten Farbentöne des Purpur (*P*), was freilich villkürlich ist, auf einer geraden Linie liegend gedacht, so ent-lerum eine geschlossene Figur, welche alle Farbentöne und Farben-thält, diesmal aber in ihrer Form einem D r e i e c k sich nähert. r Durchschnittspunkt aller Geraden, die je zwei Complementär-erbinden. Diese werden sämmtlich durch den Punkt *W* so ge-ss z. B. $V \cdot VW = G' \cdot G'W$ ist, wenn *V* die Intensität des Violett, es complementären Gelbgrün bedeutet, während *VW* und *G'W* linigen Entfernungen der Punkte *V* und *G'* der Farbencurve von *W*

bezeichnen. Man kann sich, wie dies schon NEWTON[1]) beim Farb
gethan hat, die in W zusammenlaufenden Linien als Hebelarme vo
an welchen die einzelnen Farben als Gewichte wirken: dann bed
den Schwerpunkt des Farbensystems, und die Bedingung für di
complementärer Farbenintensitäten ist, dass diese als Kräfte betrac
einander im Gleichgewicht stehen müssen.

Durch die hier gewählte Form der Curve wird noch eine weite
sache ausgedrückt, die bei der Farbenmischung zur Geltung kommt.
man nämlich zwei Spektralfarben, die nahe bei einander und zuglei
dem einen oder andern Ende des Spektrums liegen, so hat die resu
Mischfarbe nahezu spektrale Sättigung. Spektrales Roth und Gelb (
gemischt geben also ein gesättigtes Orange (O), ebenso spektrales
und Blau ($V + B$) ein nahezu spektrales Indigblau. Dies ist ab
mehr der Fall bei den Farben, die sich mehr der Mitte des Spe
dem Grün, nähern. Hier entsteht durch die Mischung nahest
Farben immer ein minder gesättigter, also weißlicherer Farbenton,
die zwischenliegende Spektralfarbe besitzt. Demgemäß verläuft di
einerseits vom Roth bis zum Gelbgrün (R bis G'), anderseits vom
bis zum Blaugrün (V bis B') annähernd geradlinig, in der Gegend d
aber ist sie gebogen. Wollte man aus den drei Farben Roth, Gr
Violett alle Farben in vollkommen spektraler Sättigung hervorbrin
müsste man also mindestens eine dieser Mischfarben, nämlich da
gesättigter nehmen, als sie im Spektrum vorkommt. Dann würd
alle so entstehenden Farben auf einem geradlinigen Dreieck R
ordnen lassen. Die Seiten dieses Dreiecks enthalten daher ein
näres (in unserer Empfindung abgesehen von den Endfarben R
nicht existirendes) Farbensystem, während die realen Farb
Spektrums auf der innerhalb dieses Dreiecks liegenden Curve RG
ordnet sind.

Auf diese Weise führen die Modificationen, welche der Farb
gegeben werden können, um das Verhalten der Farben in Mis
auszudrücken, unmittelbar zur Ergänzung derselben durch die gleic
Darstellung der möglichen Sättigungsgrade. Bleiben wir beim Farl
stehen, so lässt sich der Mittelpunkt desselben, in welchem sich
zwei Complementärfarben verbindende Durchmesser schneiden, als
des Weiß betrachten (Fig. 127). Die verschiedenen Sättigungsstufe
Farbe liegen dann sämmtlich auf dem Halbmesser, welcher die
sättigten Farbe entsprechende Stelle der Peripherie mit dem Mitte
verbindet. Denkt man sich den ganzen Kreis in einzelne Ringe

1) Optice lib. I, pars II, prop. VI.

en diese von außen nach innen immer weißlichere Farbengrade, jedes Ringes findet aber ein ebenso stetiger Uebergang der e in einander statt wie bei den die Peripherie einnehmenden Farben. Man hat also zweierlei stetige Uebergänge: einen in ing des Halbmessers von den gesättigten zu den minder gesätbengraden, und einen zweiten in der Richtung der Winkelbogen Farbenton zum andern. Je kleiner der auf denselben Winkelnde Bogen wird, d. h. je mehr man sich dem Mittelpunkt nähert, einer werden die Unterschiede der Farbentöne, bis sie endlich unkt ganz aufhören, denn hier stellt das Weiß für alle Farben das Minimum der Sättigung dar. Wie demnach die Farbentöne enommen ein Continuum von einer, so bilden sie im Verein mit ngraden betrachtet ein Continuum von zwei Dimensionen, und reislinie die Farbentöne, so stellt die Kreisfläche sie und ngrade in der einfachsten Form dar. Auch hier reicht jedoch läche nicht aus, wenn die dargestellte Form zugleich die quantie des Mischungsgesetzes ausdrücken soll, sondern dann wird das tem durch die von der Curve in Fig. 129 umgrenzte Fläche ver- Der Schwerpunkt W ist hier der Ort des Weiß, und auf den die von der Peripherie der Curve nach dem Punkte W gezogen egen die weißlichen Farbengrade. Die so gewonnene Farbenfläche nicht bloß für die Mischung der Complementärfarben zu Weiß, iberhaupt für die Entstehung beliebiger Mischfarben aus einrben ihre Bedeutung. Die an der Stelle F gelegene Farbe z. B. h Mischung zweier Farben R und B erhalten, deren Intensitäts- durch die Gleichung $R \cdot RF = B \cdot BF$ gegeben ist; die nämbe kann aber noch aus andern Farben, deren Verbindungs- in F schneiden, gewonnen werden, z. B. aus V und G', wobei $\cdot VF = G' \cdot G'F$ sein muss. Hierin liegt auch der Grund, dass, bemerkt, die einfache Farbenlinie geradlinig bleiben muss, so aus der Mischung zweier Spektralfarben hervorgehende mittlere e spektrale Sättigung besitzt. Denn in diesem Fall muss eben e Verbindungslinie der gemischten Farben mit der Farbenlinie ammenfallen, während sie, wo die Mischfarbe weißlich ist, nach von der Farbenlinie gegen die weiße Mitte zu liegt. Dies kann eintreten, wenn die Farbenlinie einen gekrümmten Verlauf hat. ist daher wegen der weißlichen Beschaffenheit der Mischfarbe etwas entfernter von einander gelegenen Spektralfarben voraus- Nur die dem Purpur entsprechende Verbindungslinie ist als de anzusehen, denn die Mischung von spektralem Roth und Viogt niemals weißliche Farbentöne, was freilich wiederum seinen

Grund darin hat, dass das Purpur objectiv überhaupt nur durc
Mischung erzeugt werden kann.

Aus den Erscheinungen der Farbenmischung geht hervor, d
Erzeugung aller möglichen Farbenempfindungen keineswegs alle m
Arten objectiven Lichtes erforderlich sind, sondern dass hierzu e
schränktere Zahl von Farbentönen genügt. Diejenigen Farben, welch
Mischung in wechselnden Mengeverhältnissen alle Farbenempfindunge
die Empfindung Weiß hervorbringen können, hat man die Grund
genannt. Sowohl aus der Betrachtung der Complementärfarbenpa
aus der Gestalt der nach den Mischungserscheinungen construirten
tafel erhellt, dass mindestens drei solche Grundfarben nöthig sin
zwischen Roth und Grün gelegenen Farben kann man nämlich, we
in etwas verminderter Sättigung, durch Mischung von Roth und
ebenso alle zwischen Violett und Grün gelegenen durch Mischung vo
und Grün erhalten, während Roth und Violett zusammen Purpur
Purpur und Grün sind aber Complementärfarben, geben also zu
Weiß. Demnach kann man aus Roth, Grün und Violett das We
sämmtlichen Farbentöne und das Purpur mit ihren Uebergängen z
gewinnen. Das nämliche erhellt aus der Betrachtung der idealen
tafel RG_1V in Fig. 129, in der die Lage der Farben des Spektr
den zwei einen Winkel bildenden Seiten des Dreiecks andeutet, d
Mischung je einer Endfarbe des Spektrums mit jener mittleren
welche die Stelle des Winkels einnimmt, die im Spektrum zw
liegenden Farbentöne erzeugt. Jene winkelständige Farbe selbs
Grün, ist aber zu Purpur, der Mischung der beiden endständigen
complementär: auch diese Construction führt also auf Roth, Gr
Violett als Grundfarben. Hierbei weist jedoch der Umstand, dass
sättigten Farben des Spektrums nicht auf den Seiten RG_1 und VG
dern auf der von diesen Seiten umschlossenen gekrümmten Lin
liegen, dass also der ganze außerhalb RGV gelegene Theil des
eine bloß imaginäre Bedeutung besitzt, auf eine Willkürlichkeit dies
struction und also auch der Ableitung aller Lichtarten aus drei Grun
hin. In der That, nimmt man, wie es schon bei den drei bespr
Grundfarben geschehen ist, bloß auf den Farbenton, nicht auf d
bengrad Rücksicht, so lassen sich auch noch aus andern als d
angegebenen Farben Weiß, Purpur und die übrigen Farbentöne he
So geben z. B. Roth, Grün und Blau oder Orange, Grün und Violet
wie es in Fig. 129 durch das Dreieck $R_1\,Gb_1\,B_1$ angedeutet ist, Rot
und Blau, oder überhaupt je drei oder mehr Farben, welche, we
sie durch gerade Linien verbindet, den Raum RGV umschließ
möglichen Farbenempfindungen. Selbst die im Spektrum nicht

ammengesetzte Farbe, das Purpur, würde als eine solche ima-
ndfarbe angenommen werden können, indem sich z. B. aus
lb und Blau ein Farbendreieck $P_2 Gb_2 B_2$ construiren lässt. Aber
ällen sind, so lange man sich auf drei Componenten beschränkt,
Mischfarben noch weißlicher als bei der Wahl von Roth, Grün
, wie sich daran zeigt, dass der imaginäre Theil des Farben-
rößer wird als der des Dreiecks $R G_1 V$. Die drei angegebenen
n zeichnen sich also dadurch aus, dass durch sie nicht nur
alle möglichen Farbentöne, sondern diese auch in relativ größerer
ervorgebracht werden können als bei Benutzung anderer Com-
Die Combination Roth, Grün und Blau nähert sich dieser Be-
enfalls, da Blau und Roth bei bedeutendem Uebergewicht der
rbe indigblaue und violette Farbentöne von ziemlich vollkom-
igung ergeben. Indem man von der Vermuthung ausging, die
n seien zugleich Hauptfarben in dem früher (S. 487) ange-
nne, hat man daher häufig bei der Construction der Farbentafel
nenten Roth, Grün und Blau den Vorzug gegeben [1]. Die Ver-
Mischung der Spektralfarben scheinen jedoch für die zuerst
s Young aufgestellte Verbindung Roth, Grün und Violett zu
Offenbar kommt hierbei in Betracht, dass Roth und Violett
en des Spektrums sind, und dass sie in diesem selbst gegen-
ndern Farben durch intensive Sättigung sich auszeichnen.
ch kommt der Construction der Farbenempfindungen aus den
lfarben überhaupt nur ein Annäherungswerth zu. Helmholtz
iner Hypothese Thomas Young's folgend, für die angegebenen drei
n diese Bedeutung dadurch zu retten gesucht, dass er sie als
pfindungen auffasste, welche an und für sich nicht noth-
Farben des Spektrums zusammenfallen müssten, sondern sich
ttigung von denselben möglicherweise unterscheiden könnten.
an, dass es drei Grundempfindungen gibt, welche dem Roth,
Violett entsprechen, aber gesättigter sind als die mit diesen
egten Spektralfarben, so lässt sich das Dreieck $R G_1 V$ als die
einen Farbenempfindungen betrachten, aus welchen die realen
elche auf der Curve $R G V$ liegen, immer erst durch Mischung
n. Nach der ursprünglichen Hypothese Th. Young's, wonach jede
be alle drei den Grundempfindungen entsprechenden Nerven-
gt, nur je nach der Wellenlänge in verschiedenem Grade, würde
er Grenzpunkt der ersten Tafel mit einem solchen der zweiten

sonders Maxwell, Phil. transactions, 1860, p. 57. Phil. mag., XXI, 1860,
Müller, Archiv f. Ophthalmologie, XV, S. 248.

sich berühren, sondern zwischen jeder einfachen Farbe und der
chenden Grundempfindung würde noch ein Zwischenraum ge
Farbentöne existiren[1]). Nach den Versuchen von MAXWELL, J. J.
u. A. ist aber für den Anfang und das Ende der Farbencurve die
farbe der zwischenliegenden Spektralfarbe auch in ihrem Sättigun
gleich, und es hat daher hier die Annahme von Grundempfin
die jenseits der wirklichen Farben R, V gelegen sind, in de
sachen keine Berechtigung. In die Sprache der YOUNG'schen Hy
übersetzt, würde dies bedeuten, dass die Annahme einer Mite
der beiden andern Nervenprocesse für Roth und Violett nicht e
wird. Da aber, wie oben bemerkt, die Construction des Farben
eine willkürliche ist, insofern auch aus andern als den ge
drei Componenten alle Lichtarten gemischt werden können, so ka
selbe auch an und für sich nicht als ein Beweisgrund für die Yo
Hypothese angesehen werden. Vielmehr ist jene Construction ledig
anschaulicher Ausdruck für das Mischungsgesetz der Farbe
diesem Gesetz erzeugen: 1) Wellenlängen, die wenig von einand
schieden sind, mit einander gemischt Empfindungen, welche zwis
genden Wellenlängen entsprechen, und es erzeugen 2) Wellenläng
sich in größerer Distanz befinden, namentlich solche, von denen
rechts und die andere links von einem mittleren Orte G des Sp
liegt, weißliche Farbentöne oder Weiß, falls nicht die Endfarb
Spektrums selbst gemischt werden. Unter der Voraussetzung, dass
Empfindungen gleiche physiologische Processe zu Grunde liegen, w
erste dieser Sätze auf eine Abhängigkeit des Reizungsvorganges
Lichtbewegung hin, nach welcher der aus zwei wenig versch
Wellenlängen resultirende Process identisch ist mit demjenigen
den die Reizung mit Wellen von der zwischenliegenden Größe
Zugleich ist die hierbei mögliche Differenz für die längsten und k
Wellen größer als für solche von mittlerer Länge. Hiernach lässt
obige zweite Satz des Mischungsgesetzes einfach auch so ausdrück
jeden Theil der Farbencurve gibt es einen gewissen Grenzwe
Farbenunterschieds, über welchen hinaus die resultirende Farbe ei
minderten Farbengrad zeigt, und diese Abnahme der Sättigung wächs
bis zu einem Maximum, dem vollständigen Weiß (der Complemen
entsprechend), um sich dann wieder in entgegengesetzter Rich
ändern, wodurch sich die Farbencurve als eine in sich zurückl
kundgibt. Letztere Thatsache findet überdies ihren Ausdruck

1) Nach dieser Voraussetzung ist in der That von HELMHOLTZ in seine
(Physiol. Optik, S. 293) die Farbentafel in die hypothetische Tafel der Grun
dungen eingetragen worden.

paren Empfindung, nach welcher die Anfangs- und Endfarbe des
ns wieder einander ähnlich werden und mit einander gemischt
schen ihnen liegende gesättigte Farbe bilden (das Purpur), woraus
ßen ist, dass auch die begleitenden physischen Vorgänge von
ter Beschaffenheit sind.

nach können wir uns den Gang der Function, die in dem Mi-
esetze zum Ausdruck gelangt, auch folgendermaßen veranschau-
Wir denken uns den Punkt *W* der Farbentafel (Fig. 129) als
kt eines Polarcoordinatensystems, denken uns also von diesem
adien nach allen möglichen Stellen der Farbencurve gezogen und
kel, welche dieselben mit einander bilden, vom Radius *WR* an
so dass deren positive Werthe in der Richtung des Verlaufs der
n Farbencurve wachsen. Die Zunahme des Polarwinkels soll der
der Wellenlänge von der Grenze des äußersten Roth ab ent-
. Da die den kürzesten Wellenlängen zugehörigen Empfindungen
tt sich wieder der Empfindungsgrenze der größten Wellenlänge
so muss die Curve in der Gegend der Mitte des Spektrums einen
nkt haben, und nach dem Mischungsgesetz für die Wellenlängen
bis Gelbgrün und von Grünblau bis Violett müssen die beiden
der Curve innerhalb gewisser Grenzen einen nahehin gerad-
'erlauf nehmen. Die so gewonnene Curve besitzt also im allge-
lie Gestalt der Farbenlinie in Fig. 129. Die nach unten zwischen
en *WR* und *WV* gelegenen Winkelwerthe können entweder als
elche die obere Empfindungsgrenze überschreiten, oder als solche,
lie untere nicht erreichen, betrachtet werden: die hier liegenden
ngen können nicht mehr durch einfache ultrarothe oder ultra-
Wellenlängen, sondern nur durch Mischung rother und violetter
hervorgebracht werden; durch sie wird dann die Curve der ein-
arbenempfindungen eine in sich geschlossene. Mit diesem in dem
ufen der Farbenlinie begründeten Gang der Function stehen nun
h die weiteren Mischungserscheinungen, die hauptsächlich in der
der Complementärfarbenpaare ihren Ausdruck finden, in Verbin-
licht gesättigt ist vermöge der Form der Farbencurve immer die
ng, die aus der Mischung solcher Farben hervorgeht, zwischen
ie Curve nicht geradlinig verläuft. Da nun die ganze Curve in sich
en ist, so muss es für jeden Punkt der Farbenlinie einen zweiten
ben, bei welchem die Sättigung der Mischfarbe auf ein Minimum
ist, um bei weiterem Fortschritt sich wieder in entgegengesetztem
ändern. Dieses Minimum der Sättigung oder die Empfindung
ird für zwei Punkte dann vorhanden sein, wenn der zwischen
elegene Theil der Curve das Maximum der Richtungsänderung

erreicht hat, d. h. wenn die von *W* aus gezogenen Radiusvector einander einen Winkel von 180° bilden. Auf diese Weise gelan zu derselben Bestimmung des Ortes der Complementärfarben wie

Statt des Mischungsgesetzes ließe sich der Construction der fläche noch ein anderes Verhältniss zu Grunde legen, durch welc selbe zu einem directeren Ausdruck des Systems unserer Lichtempfi würde. Wie sich nämlich die Farbenlinie nach der Abstufung der schiedsempfindlichkeit für Farbentöne eintheilen lässt, so könnte m die Abmessungen der Farbenfläche nach der Unterschiedsempfin für Sättigungsgrade ausführen. Eine Farbe, die eine größere Zahl stufungen durchläuft, bis sie in Weiß übergeht, würde hiernach in Entfernung von dem Punkte der Farbentafel, welcher dem Weiß en zu verlegen sein. Messungen über die Unterschiedsempfindli für Farbengrade sind nun von Aubert[1]) und Woinow[2]) au worden. Der Erstere gibt an, dass der Werth der Unterschiedss bei der Mischung einer Farbe mit Weiß $^1/_{120}$—$^1/_{180}$ betrage. Der fand denselben für

Roth	Orange	Blau
$^1/_{120}$	$^1/_{144}$	$^1/_{160}$

Diese Bestimmungen, welche mittelst rotirender Scheiben gemacht sind aber noch zu unvollständig, um weitere Schlüsse zu gestatte zeigen nur, was auch bei den Farbenmischungsversuchen, nament dem Blau und Violett, zur Geltung kommt, dass die brechbareren einen größeren Sättigungswerth besitzen, d. h. dass verhältnissmäßi Mengen derselben in Mischungen mit Weiß oder mit einer ander schon wirksam sind, eine Thatsache, welche in der Mischungscurve (F in der relativ weiten Entfernung der Punkte *B* und *V* von *W* ihre druck findet.

Directer als die Unterschiedsempfindlichkeit für Farbengrade die Verwandtschaft der gesättigten Farbenempfindung Weiß zu der Gestalt der Mischungscurve in Beziehung zu stehen Grad dieser Verwandtschaft bezeichnen wir als die Helligkeit Farbe. Der Umstand, dass wir den gesättigten Farben eine versc Helligkeit zuschreiben, indem uns z. B. Gelb heller als Orange, heller als Roth erscheint, weist auf die durchgängige Verbindung d bigen und der farblosen Empfindungen hin. Fraunhofer suchte e dieser Farbenhelligkeit unmittelbar zu gewinnen, indem er die He

1) Physiologie der Netzhaut, S. 138 f.
2) Archiv f. Ophthalmologie, XVI, 1. S. 256.

lnen Spektralfarben mit der Helligkeit eines von einem kleinen eflectirten farblosen Lichtes verglich[1]). Auf indirecte Weise RORDT das nämliche zu erreichen, indem er diejenige Quantität chtes bestimmte, die jeder Spektralfarbe zugefügt werden muss, ninimale Aenderung ihrer Sättigung zu erzielen; er ging dabei oraussetzung aus, dass diese Quantität um so größer sein werde, die Helligkeit der Farbe ist[2]). In der That stimmen die so er- Zahlen mit den von FRAUNHOFER gewonnenen ziemlich nahe über- t man nämlich die hellste Farbe des Spektrums, das Gelb zwi- Linien D und E, = 1000, so fanden sich für die übrigen bei zung von Sonnenlicht als farblose Lichtquelle folgende Werthe:

		FRAUNHOFER	VIERORDT			FRAUNHOFER	VIERORDT
	(B)	32	22	Grün	(E)	480	370
	(C)	94	128	Blaugrün	(F)	170	128
elb	(D)	640	780	Blau	(G)	31	8
	(D—E)	1000	1000	Violett	(H)	5,6	0,7

ler verhalten sich je nach ihrer Sättigung Pigmentfarben, bei h eine Bestimmung des relativen Helligkeitswerthes durch die ng am Farbenkreisel vornehmen lässt, indem man zu einer ge- Farbe diejenige Mischung von Weiß und Schwarz herstellt, die an Helligkeit gleich ist. Die so vorgenommenen Vergleichungen bei größter Sättigung und gewöhnlicher Tagesbeleuchtung im n eine mit der obigen übereinstimmende Helligkeitsreihe[3]). man die obigen Zahlen mit der Lage der Farben auf der curve, so ist ersichtlich, dass sich dieselben umgekehrt verhalten ntfernungen vom Punkte des Weiß (Fig. 129), d. h. je gesättigter e ist, eine um so geringere Helligkeit besitzt sie, und um so die Wirkung, welche eine bestimmte Menge derselben in der mit andern Farben hervorbringt. Geht man dagegen immer von lichen subjectiven Empfindungswerth aus, z. B. von derjenigen bei welcher eben ein Erkennen der Farbe möglich ist, so

NHOFER, Denkschriften der bayr. Akad. d. Wissensch. 1815, S. 193.
ORDT, Die Anwendung des Spektralapparats zur Messung und Vergleichung des farbigen Lichtes. Tübingen 1871.
CHMANN, Phil. Stud. VI, S. 462 ff. Uebereinstimmende Versuche hat später LEBRAND ausgeführt (Wiener Sitzungsber. XCVIII, 3, S. 70 ff). Die Probe auf eit der bei dieser Methode gefundenen Helligkeitswerthe der Pigmentfarbe n, dass das einer gegebenen Farbe gleichende Grau der Farbe beigemischt keitsänderung erzeugen darf. Dies fand sich auch in KIRSCHMANN's Beobach- ätigt, da die Abweichungen die Grenzen der Einstellungsfehler nicht über- HILLEBRAND, bei dem die Controlversuche mit den ursprünglichen Resultaten instimmten, hat hieraus auf einen von der Lichtstärke unabhängigen Hellig- der einzelnen Farben geschlossen.

erweist sich, wie CHARPENTIER fand, die Unterschiedsempfindlic
den Helligkeitswechsel bei allen gesättigten Farben als eine
stimmende [1]).

Die Intensität der Lichtempfindung darf innerhalb
Grenzen als ein von Farbenton und Farbengrad unabhängiger Bes
angesehen werden, da eine nach Farbe und Sättigungsgrad b
Empfindung verschiedene Grade der Stärke besitzen kann. Zwar
wir sogleich sehen, dass dieser Satz wesentliche Einschränkunger
Betrachten wir aber vorläufig die Lichtstärke als eine für sich verä
Größe, so ist klar, dass dieselbe dem nach zwei Dimensionen cor
Continuum der Farben die dritte hinzufügt. Beschränkt man sich
unser gewöhnliches Empfindungssystem vollständig darstellende
Farbentafel, wie sie nach der Abstufung der Farben in Ton und
oder nach dem Mischungsgesetze construirt werden kann, so lässt
einer jeden Lichtqualität zukommende Grad der Intensität als
Farbentafel an der betreffenden Stelle aufgesetzte senkrechte Li
stellen. Nehmen wir die einfachste Form, den Kreis, und begi
mit dem das Weiß bezeichnenden Mittelpunkt (Fig. 127, S. 486),
also die hier aufgesetzte Senkrechte alle Stufen des Weiß durch
zum Schwarz andeuten. Wollte man ein Maßprincip zu Grund
so würde man auch hier die minimalen Unterschiede als Maß
betrachten können. Die in dieser Beziehung für die Stärke de
Lichtes sowohl wie der einzelnen Farben gefundenen Werthe si
bei der Erörterung der Intensität der Empfindung (S. 380 f.)
worden. Nach den dort mitgetheilten Zahlen ist die Unterschieds
lichkeit für die Lichtintensität im Roth am kleinsten ($^1/_{49,5}$) un
dann im allgemeinen bis zum Blau zu ($^1/_{53,5}$) und gegen das Viole
etwas ab, während sich dagegen die Reizschwelle mit der Abna
Wellenlänge stetig (von 0,06 bis auf 0,00012) vermindert.

Versucht man es nun, die Intensitätsgrade aller Farben u
Mischungen als eine der Farbenfläche hinzugefügte Höhendimensio
handeln, so stellt sich aber heraus, dass diese Construction nicht
Qualität unabhängig durchgeführt werden kann. Die Empfindu
z. B. wird bei Abschwächung der Lichtintensität nicht bloß in ihre
sondern immer zugleich in ihrem Farbenton und in ihrer Sättig
mindert, bis sie endlich in Schwarz, also in dieselbe Empfindur
geht, welche der geringsten Intensität des weißen Lichtes entspric
nämliche zeigt sich bei allen andern Farbenempfindungen, welc

1) CHARPENTIER, Comptes rend. 26. Mai 1884.

welchen Sättigungsgrad sie auch besitzen mögen. Nur die Grenze
ichtstärke, bei welcher der qualitative Unterschied der Empfindung
rt, ist für die einzelnen Farben eine verschiedene, indem, wie zuerst
NJE beobachtete, die Farben von mittlerer Wellenlänge (Gelb, Grün
Blau) bei größerer Verminderung der Beleuchtung als die an dem
g und Ende des Spektrums gelegenen noch farbig empfunden werden,
end von letzteren die Farben des rothen Endes noch bei etwas ge-
er Lichtstärke erkannt werden als die des violetten. Ebenso ver-
 sich die Veränderungen, welche die Farben bei wachsender Licht-
ität in ihrer Helligkeit erfahren, verschieden, indem das Maximum
elligkeit bei größter Lichtstärke nahe dem rothen Ende des Spek-
 liegt und mit Verminderung derselben nach den brechbareren Strahlen
errückt, so dass es bei der geringsten Intensität mit Grün zusammen-
 Hiernach lassen sich diese Erscheinungen durch die in Fig. 130
stellten Curven versinnlichen, wo auf der Abscissenlinie die Wellen-
 (mit den zugehörigen FRAUNHOFER'schen Linien B, C, D....) an-
en sind und die Ordinaten die zugehörigen subjectiven Helligkeiten
hnen, wobei H einer größten, M einer mittleren und A einer kleinsten
tärke entspricht[1]). Für die physiologische Würdigung dieser Ver-
sse kommt in Betracht, dass die Vibrations-Energie des Lichtes im
am größten ist und mit der Brechbarkeit der Strahlen sich stetig
ndert[2]). Sucht man mit Rücksicht hierauf die Helligkeitswerthe einer
 Farbe zu bestimmen, die gleichgroßen Energiemengen entsprechen,
lt das Maximum der so gewonnenen Curve, die in ihrer Gestalt
urve A der minimalen Lichtstärke gleicht, bei allen Intensitäten in

PURKINJE, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. II. Berlin
S. 109. AUBERT, Physiologie der Netzhaut, S. 125, und Grundzüge der physiol.
S. 535 (Versuche von LANDOLT). CHODIN, Die Abhängigkeit der Farbenempfindungen
r Lichtstärke. Jena 1877, S. 3 f. CHARPENTIER, Compt. rend., XCI, p. 1075. XCVI,
1079. Werden Punkte farbig erleuchtet, so gilt übrigens, wie CHARPENTIER
hebt, der obige Satz nur für die Erleuchtung auf dunklem Grunde, während
 auf hellem Grunde sofort farbig erscheinen. Von A. KÖNIG ist das PURKINJE-
hänomen einer quantitativen Untersuchung unterzogen worden. Die Wellenlängen,
nen das Maximum der Helligkeit im Spektrum gefunden wurde, waren darnach
er Reihe von Lichtstärken H bis A, wo H die größte, A die kleinste bezeichnet,
 normales Auge die folgenden:

H	G	F	E	D	C	B	A
605	605	605	605	590	535	535	535

i einem Beobachter, dessen Auge für Grün unempfindlich war, ergaben sich völlig
nstimmende Verhältnisse. Dagegen war bei einem rothblinden Auge das Maximum
ößeren Helligkeiten relativ geringer und nach Gelbgrün verschoben. (A. KÖNIG,
den Helligkeitswerth der Spectralfarben, Beiträge zur Psychologie u. Physiologie
nesorgane, Festschrift für HELMHOLTZ 1891.)
 Vergl. die Tabelle auf S. 486 Anmerkung 1.

das Grün als die mittlere Farbe des Spektrums. Die grünen S
sind also diejenigen, welche den größten Werth physiologischer I
besitzen. Ein Maß für die Reizempfindlichkeit der Netzhaut gegenül
verschiedenen Farbestrahlen, auf gleiche Energiemengen bezogen, lä

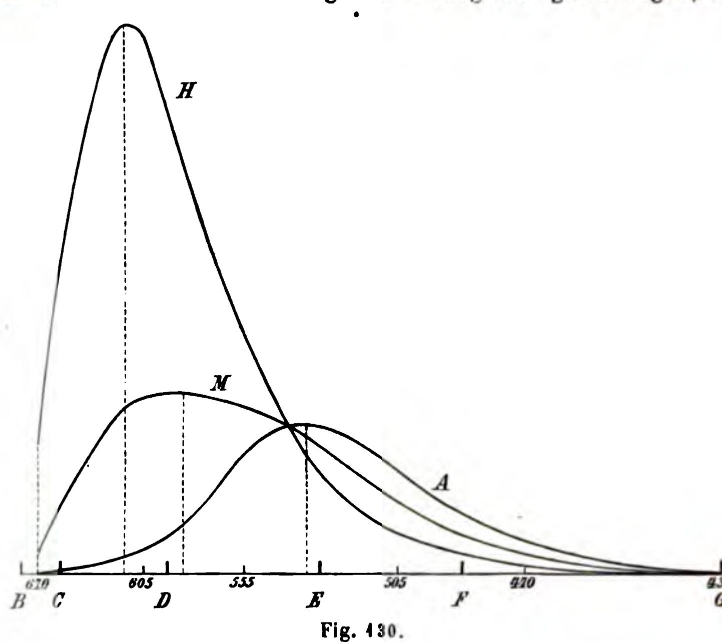


Fig. 130.

dagegen erhalten, wenn man bei jeder Farbe die der Reizschwelle e
chende relative Energiegröße bestimmt. Auf diese Weise erhielt H.
bei zwei Beobachtern (S und E), wenn die für die Minimalempf
Grün erforderliche Lichtenergie = 1 gesetzt wurde, für die verschi
Theile des Spektrums folgende Werthe:

		Roth	Gelb	Grün	Grünblau	Bl
Wellenlänge		675	590	530	500	47
relative Reizschwelle	S	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{15}$	1	$\frac{1}{1,3}$	$\frac{1}{3}$
	E	$\frac{1}{34}$	$\frac{1}{17}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

Das System der Farbenempfindungen kann hiernach, wenn di
von der ihnen im Spektrum zukommenden Intensität an allmähli
zum Minimum ihrer Helligkeit verfolgt werden, falls man den Kr
Farbentafel benutzt, durch einen Kegel mit kreisförmiger Basis dar

1) Ebert, Wiedemann's Annalen XXXIII, S. 136.

dessen Spitze dem Schwarz entspricht. In den einzelnen parallel
geführten Schnitten folgen dann von unten nach oben die licht-
ren Farben und in der Mitte das Grau in stetiger Abstufung.
ger Weise lassen sich auch diejenigen Veränderungen darstellen,
ie Lichtempfindung erfährt, wenn die objective Lichtstärke ver-
ird. Die Beobachtung zeigt nämlich, dass es eine bestimmte
:e gibt, bei welcher die Sättigung der einfachen Farben des
chen Spektrums am größten ist. Diese dem Maximum der Sätti-
sprechende Lichtintensität, welche wahrscheinlich nicht für alle
lieselbe ist, wurde bis jetzt noch nicht näher bestimmt. Fest
r, dass von derselben ausgehend der Sättigungsgrad nicht nur
nahme sondern auch durch Zunahme der Lichtintensität sich ver-
kann. Wie im ersten Fall schließlich alle Farben in Schwarz
ı, so nähern sie sich im zweiten dem Weiß. Verstärkt man näm-
Lichtstärke des Spektrums allmählich, so breiten sich Gelb und
h beiden Seiten aus, und es gehen mit zunehmender Intensität
Roth, Orange und Grün in Gelb, Grünblau und Violett in weiß-
u über, worauf von diesen beiden wieder zuerst das Blau und
ıs Gelb sich in Weiß umwandelt[1]). Denken wir uns demnach,
enkreis stelle das System der Farbenempfindungen bei den dem
der Sättigung entsprechenden Lichtstärken dar, so wird der dem
correspondirenden Spitze, in welcher bei verminderter Licht-
hließlich alle Empfindungen zusammenlaufen, auf der andern
Kreisfläche eine dem intensivsten Weiß entsprechende Spitze
liegen, in welcher sich bei gesteigerter Lichtstärke alle Empfin-
ereinigen. Das ganze System der Lichtempfindungen kann also
en Doppelkegel dargestellt werden, bei welchem der die beiden
en begrenzende Kreis die Farben der größten Sättigung enthält.
Doppelkegels kann man natürlich auch eine Doppelpyramide oder,
hste Form, eine Kugel wählen, in deren Aequatorialebene die
er größten Sättigung und die daraus durch Mischung herstell-
benstufen liegen, während der eine Pol dem intensivsten Weiß,
re dem dunkelsten Schwarz entspricht, welche durch weitere
ng oder Verminderung der Lichtstärke nicht weiter verändert
önnen (Fig. 131). Auf der die beiden Pole verbindenden Linie
möglichen farblosen Lichtabstufungen vom absoluten Weiß bis
luten Schwarz gelegen[2]).

[1] HOLTZ, Physiol. Optik, S. 233. CHODIN a. a. O. S. 33 f. Theilweise freilich
eränderungen auch durch die Uebereinanderlagerung von Licht verschiedener
e bedingt, die mit der zum Behuf der Vermehrung der Lichtstärke ange-
rbreiterung des Spaltes für das in das Prisma eintretende Licht verbunden ist.
bei der Construction des Farbensystems zugleich die Lichtstärken zu be-

Wir haben bis dahin das Schwarz als den geringsten Intens des Weiß betrachtet. In der That ist dasselbe ja immer dann vo wenn wir einen weißen oder farbigen Eindruck in seiner Stärke hin vermindern. Gleichwohl ist es unzweifelhaft, dass wir subjectiv das und das Weiß zugleich als qualitative Gegensätze empfinden, uns diese Auffassung bei der Betrachtung schwarzer und weißer die näher liegende scheint. Aus dieser Thatsache sind offenbar jenigen Lichttheorien von ARISTOTELES bis auf GOETHE, welche aus und Weiß alle Lichtarten entstehen ließen, hervorgegangen: si eine subjective Wahr auf den objectiven übertragen. Ist auch gerechtfertigt, so ford doch die unleugbar sache jener qualitativ fassung eine Erklärun Beziehung auf helle un Objecte mag begünsti die Fixirung der Unte gewirkt haben, aber s nicht aus, um dere stehung zu erklären, das Schwarz auch de keln Gesichtsfeld bei Au

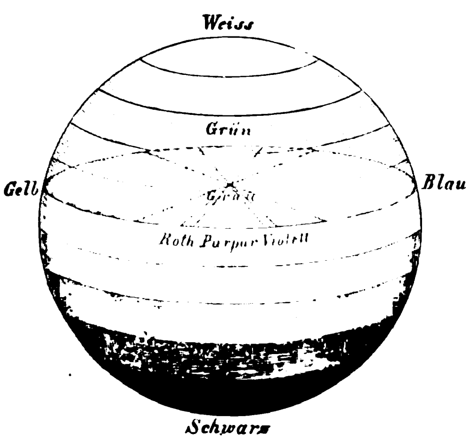
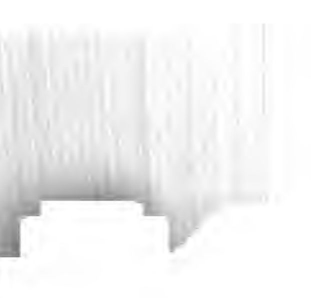


Fig. 131.

aller Objecte zuschreiben. Wohl aber weist letzteres darauf h das Schwarz aus einem von allen Lichterregungen, m nun in objectivem Licht oder in mechanischer, elektrischer und Erregung des Auges ihren Grund haben, verschiedenen in Erregungsvorgang der Netzhaut hervorgeht, welcher die Eigensc

rücksichtigen, fügte zuerst LAMBERT der gewöhnlichen Farbentafel die dritte hinzu und construirte so eine Farbenpyramide, in deren Spitze er das legte. (LAMBERT, Beschreibung einer mit dem CALAU'schen Wachse ausgemalte pyramide. Berlin 1772.) Diese Construction fußt auf dem Uebergang aller empfindungen in Weiß bei verminderter Sättigung. Die Construction in eine welche den Uebergang in Weiß und in Schwarz gleichzeitig darstellt, ist z dem Maler PHILIPP OTTO RUNGE ausgeführt worden. (Die Farbenkugel oder Co des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zu einander. Hamburg 181 die Construction einer Doppelpyramide der Farben hat derselbe angedeutet. S. 8.) CHEVREUL (Exposé d'un moyen de définir et de nommer les couleu 1861. Atlas) theilt zehn Farbencirkel mit, in denen sehr schön die Ueber gesättigten Farben zu Schwarz dargestellt sind. Eine besondere Figur (Taf für eine Farbe, das Blau, in 20 Abstufungen die Uebergänge einerseits in Sch anderseits in Weiß. Alle diese Arbeiten verfolgen übrigens hauptsächlich kün Interessen.



rn Erregungen zu begleiten und anzudauern, wenn dieselben
nden sind. Aus jener Begleitung erklärt es sich, dass wir
Objecte gegenüber helleren **schwärzlich** empfinden, und dass
Grau als eine Uebergangsempfindung zwischen Weiß und
betrachten. Auf diese Weise fassen wir überhaupt jede Inten-
hme des Lichtes zugleich als eine Qualitätsänderung auf, insofern
es starke Hervortreten der Empfindung Schwarz in der That eine
e Bedeutung besitzt [1]).

obigen Erörterungen beziehen sich ausschließlich auf die Em-
n der Centralgrube der Netzhaut (das directe Sehen), und es ist
elben überdies eine normale Beschaffenheit des Sehorgans vor-
. Wesentliche Abweichungen treten ein auf den **Seitentheilen**
zhaut. Wie die Helligkeitsempfindung [2]), so erfährt hier auch
nempfindung regelmäßige Aenderungen. Während aber die Em-
eit für Helligkeiten auf den Seitentheilen bis zu einer gewissen
ınimmt, ist für die meisten Farbentöne die Empfindlichkeit in
am größten. In den seitlichsten Regionen fehlt die Farben-
idung überhaupt: jede Farbe erscheint hier bloß als Helligkeit.
ınnäherung an die Mitte werden zunächst Blau und Gelb, dann
weiterer Annäherung Roth und zuletzt Grün empfunden [3]). Die
stellt diese Verhältnisse nach den sorgfältigen, an einer grösseren
entüchtiger Individuen ausgeführten Beobachtungen von Kirsch-
. Sie bezieht sich auf das linke Auge und gibt für eine Ent-
les letzteren von 50 *cm* die Zonen der Farbenunterscheidung in
erjüngtem Maßstabe wieder. Die von *c* aus gezogenen Strahlen
f der Horizontalen links vom Fixirpunkte die absoluten Ent-
vom Netzhautcentrum *m* von 10 zu 10 Graden an. *N*, *O* be-
Oben und Unten, *NS*, *TS* Nasal- und Temporalseite. Die Ab-
ezieht sich auf Versuche mit Farbenscheiben von 26 *mm* Durch-
Der leichteren Unterscheidung wegen sind die Linien, welche
ren Empfindungsgrenzen für die einzelnen Farben angeben, ab-
d ausgezogen und unterbrochen gezeichnet. 1 ist diese Grenze
t, 2 für Gelb, 3 für Grün, 4 für Roth, 5 für Orange und end-

ig ungerechtfertigt ist es, die Dauererregung des dunkeln Gesichtsfeldes mit
staub desselben und andern subjectiven Lichtphänomenen, die man im
eobachtet, zusammenzuwerfen, wie dies nicht selten geschehen ist. Diese
sind immer weiß oder farbig, und sie mischen sich, wie alle andern
ngen, mit dem Schwarz des dunkeln Gesichtsfeldes.
oben Cap. VIII, S. 371.
ert, Grundzüge der physiol. Optik, S. 541. Schön, Die Lehre vom Gesichts-
seinen Anomalien. Berlin 1874. A. E. Fick, Pflüger's Archiv XLIII, S. 441 ff.
, Phil. Stud. VIII, S. 592 ff.

lich 6 für Blau. Hiernach besitzt das Gelb nur auf der temporal
von Anfang an den Charakter des reinen Gelb, während es auf
salen zuerst orange und dann erst bei weiterer Annäherung an
hautmitte gelb empfunden wird[1]. Uebrigens ist stets zugleich d
der beleuchteten Fläche maßgebend für die Farbenauffassung:

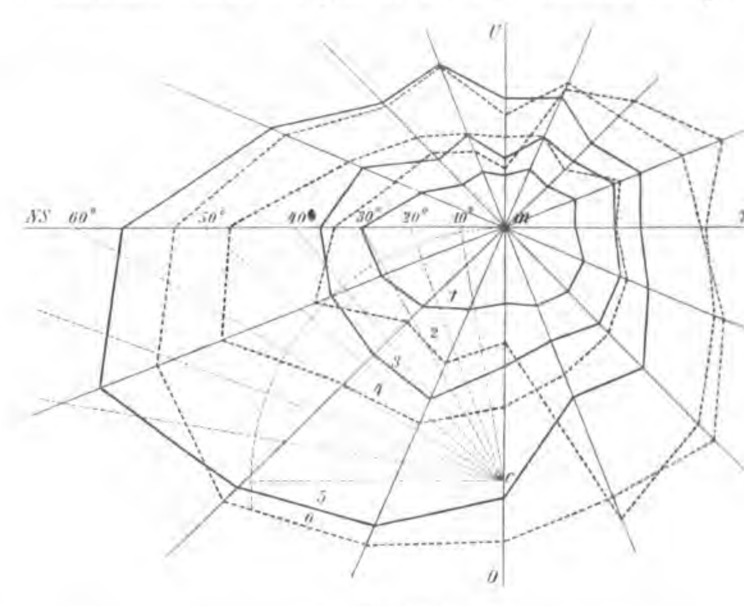


Fig. 132.

Region, in der ein kleines farbiges Object weiß gesehen wird, l
bei einem größeren noch deutlich die Farbe unterscheiden[2]. Ei
fluss auf die absolute Reizschwelle für Licht sowie auf die Unter

1) KIRSCHMANN, Phil. Stud. VIII, Taf. II. Nach C. HESS (Archiv f. Ophth.
S. 63 ff.) sollen Roth (bez. ein auf der Grenze von Roth und Purpur liegende
ton), Gelb, Grün und Blau, so lange sie überhaupt auf der Netzhautperiphe
erkannt werden, im selben Farbenton wie auf der Netzhautmitte erscheinen
sollen außerdem die complementären Farben Roth und Grün sowie Gelb
von je derselben Zone an farbig erscheinen. Die erste dieser Angaben
A. E. FICK's und KIRSCHMANN's Beobachtungen nur für Blau zu. Was die zwei
so ergeben die Versuche des letzteren Beobachters, dass Roth in einem viel
Violett in einem beträchtlich engeren Umkreise empfunden wird als Grün
also allerdings irgend eine Mischung aus Roth und Violett geben, die sich
gleich verhält. Blau und Gelb aber fallen zwar nahe, doch nicht völlig z
indem auf der oberen Netzhauthälfte das Blau, auf der unteren das Gelb eine
Vorrang behauptet.

2) SNELLEN und LANDOLT, in GRAEFE und SAEMISCH's Handbuch der Augen
III, 1. S. 69. CHARPENTIER, Compt. rend., XCVI, p. 858. Uebrigens verhalten
in dieser Beziehung die nasale und die temporale Seite der Netzhaut nach Ki
Beobachtungen verschieden, indem auf der letzteren die Grenze, wo eine Ver
es Objectes keine Aenderung der Empfindung mehr bewirkt, weit früher erre

ıkeit für Helligkeiten besitzen übrigens diese Verschiedenheiten
dern es verhalten sich in dieser Beziehung die Farben in Peri-
l Netzhautcentrum ganz ebenso wie farblose Lichteindrücke[1]).
abweichende Beschaffenheit der Empfindungen, welche der auf
theilen der Netzhaut regelmäßig stattfindenden in gewissen Be-
ähnlich ist, existirt zuweilen auch in der Mitte derselben. Es
ann der Zustand der sogenannten Farbenblindheit. In den
llen ist derselbe angeboren und dann, wie es scheint, fast
erbt; ähnliche Erscheinungen können aber auch im Gefolge
ntraler oder peripherischer Störungen als erworbene Farben-
uftreten. Die angeborene Farbenblindheit ist in sehr seltenen
e totale: hier besteht auf der ganzen Netzhaut anscheinend
ıer Zustand, wie er normalerweise auf den seitlichsten Theilen
ist; es werden nur Unterschiede der Lichtintensität, nicht aber
Farbentons wahrgenommen[2]). Häufiger kommt dieser Zustand
ener Farbenblindheit und in Verbindung mit andern Sehstörungen
er kann dann auf ein einziges Auge oder sogar auf einzelne
er Netzhaut beschränkt sein. Meistens ist jedoch die Farben-
ıur eine partielle: bei ihr werden nur bestimmte Farben
mit einander verwechselt, und die nähere Prüfung ergibt, dass
ein bestimmter Theil des Spektrums in dem System der Em-
ganz fehlt, oder dass an Stelle desselben bloß eine farblose
g, in einzelnen Fällen vielleicht auch noch eine farbige, der
zu geringe Intensität zukommt, entsteht; diese letzteren Fälle
man als unvollständige Farbenblindheit.
iflicherweise hat die Untersuchung der angeborenen Farben-
wenn sie auf beiden Augen stattfindet, deshalb Schwierigkeiten,
Farbenblinden das System der normalen Farbenempfindungen
ekannt ist. Nur aus der genauen Vergleichung der von ihm
n Verwechslungen und unter Umständen aus der Bestimmung
fehlenden Theile des Sonnenspektrums lässt sich daher einiger-
individuelle Natur seines Empfindungssystems ermitteln[3]). Die

ENTIER, Compt. rend., XCI, p. 49.
us, Centralbl. f. Augenheilkunde, IV, S. 373. HERING, PFLÜGER's Archiv XLIX,

Vergleichung verschiedener Farbentöne und Helligkeiten geschieht am ein-
telst des zu diesem Zweck zuerst von MAXWELL angewandten Farbenkreisels,
ht, entweder indem man zwei rotirende Scheiben verwendet oder die ver-
Zonen einer einzigen Scheibe vergleicht, bei wechselnden Zusammenstel-
Pigmentfarben und von Schwarz mit Weiß eine Sectorenbreite sich
isst, bei der die Mischungen von dem Farbenblinden gleich empfunden
n gewinnt so Empfindungsgleichungen, in denen der Antheil der einzelnen
ler Helligkeiten an der Mischung durch die Winkelbreite der Sectoren
ist. Z. B. 200 Roth + 160 Blau = 195 Schwarz + 165 Weiß würde

so ausgeführte Untersuchung zeigt, dass die mit angeborener Farb
heit behafteten Individuen, deren Gesammtzahl nach HOLMGREN's sta
Ermittelungen durchschnittlich zwischen 3 und 6 Proc. der Bev
schwanken soll, bei Hinzurechnung der Fälle unvollständiger Farb
heit aber jedenfalls viel grösser ist, in verschiedene Classen zerfa
denen sich die Verwechslungen der Farbentöne wieder sehr ab
verhalten. Von einer ersten Classe, welche die zahlreichste zu sei
werden Roth und Grün mit einander und mit Grau verwechselt,
die brechbareren Farben sämmtlich gut unterschieden werden[1].
halb dieser Classe sind nun aber wieder zwei Unterclassen z
scheiden: die Einen verwechseln helles Roth mit dunklem G
Andern dunkles Roth mit hellem Grün. Hieraus geht hervor,
ersten Fall die Netzhaut für rothes Licht weniger empfindlich is
grünes, und dass sie im zweiten Fall für grünes Licht weniger em
ist als für rothes. Man unterscheidet daher die Rothgrünblinde
in Rothblinde und in Grünblinde. Bei den ersteren ist d
Ende des Spektrums meist verkürzt, bei den letzteren wird der
zwischen Gelb und Blau gelegene Theil des Spektrums mit G
wechselt; außerdem ist die Grünblindheit augenscheinlich ein
gleichförmiger Zustand, da bei ihr die Zone der geringsten Empfin
bald mehr gegen Roth bald mehr gegen Blau verschoben erschei
da bei ihr alle möglichen Uebergangsstufen zur normalen Farben
lichkeit vorzukommen scheinen, während man solche bei der R
heit nicht beobachtet[2]. Die zweite Hauptclasse der Farbenblin
Violettblinden (häufig auch Blaublinde oder Blaugelbblinde
kommt viel seltener vor als die Rothgrünblinden. Blau und Gelb

bedeuten, dass für ein bestimmtes Auge eine Mischung aus Roth und Blau ei
aus Schwarz und Weiß, welche dem normalen Auge grau erscheint, äqui
Andere Methoden der Prüfung bestehen in der directen Vergleichung von Spekt
in der Mischung verschiedener Spektralfarben zu Farbengleichungen, in der
der unten zu erörternden Contraste der Farben und endlich in der Herstel
großen Zahl farbiger Pigmente, die man nach ihrer Aehnlichkeit sortiren lä
tere Methode ist, mit Benutzung von Wollmustern, von HOLMGREN für praktisc
zu sehr umfangreichen Untersuchungen angewandt worden. Unter diesen
sind die Verfahrungsweisen mit Spektralfarben, namentlich wenn sie mit den
tungen am Farbenkreisel oder mit der Vergleichung von Pigmentfarben
werden, von besonderer Bedeutung, weil sich mittelst derselben am siche
jenigen Wellenlängen feststellen lassen, welche entweder gar nicht oder bl
empfunden werden. Vgl. hierzu HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 299. SNELLEN un
in GRAEFE und SAEMISCH's Handbuch, III, 1, S. 89. HOLMGREN, Die Farbenbl
ihrer Beziehung zu den Eisenbahnen und zur Marine. Leipzig 1878. DOND
Farbensysteme, Arch. f. Ophthalm., XXVII, 1, S. 155 ff. KIRSCHMANN, Phil. S
S. 173, 402 ff.



1) HOLMGREN a. a. O. v. KRIES und KÜSTER, Archiv f. Physiologie, 1879
2) DONDERS, Arch. f. Ophthalm., XXVII, 1, S. 155, und Archiv für Physiol
3) KOENIG und DIETERICI, Abh. der Berliner Akademie, 29. Juli 1886, u
...chol. u. Physiol. der Sinnesorg. IV, S. 241 ff.

en nur an ihrer Helligkeit unterschieden, sonst aber mit Grün oder
rwechselt zu werden; der brechbarste Theil des Spektrums scheint
einzelnen Fällen mehr oder minder erheblich verkürzt zu sein [1]).
h lässt sich ein vorübergehender Zustand von Violettblindheit durch
uss von Santonin hervorrufen. In demselben werden helle Ob-
lb oder grüngelb, dunkle, theils wahrscheinlich in Folge subjec-
zung theils als Contrastwirkung, violett gesehen, während gleich-
s violette Ende des Spektrums verkürzt erscheint [2]). Uebrigens
Unterscheidung dieser Formen insofern eine künstliche, als die
Prüfung einer grossen Zahl Farbenblinder zeigt, dass für jede
Wellenlänge verminderte Empfindlichkeit oder Unempfindlichkeit
n kann, wobei bald dieser Zustand auf eine Region des Spek-
eschränkt ist, bald sich über einige von einander getrennte Re-
rstreckt. Im allgemeinen scheint nur die Unempfindlichkeit für die
brechbaren Farben (Roth bis Grün) häufiger vorzukommen als
rechbareren [3]). Die obigen Bezeichnungen verdanken daher wohl
lich der bevorzugten Stellung, welche Roth, Grün und Violett,
u, im Spektrum einnehmen, und zum Theil wohl auch dem Um-
ass die meisten dieser Farben zu den Hauptfarben in dem oben
geführten Sinne gehören, ihren Ursprung. Bei manchen Fällen
Farbenblindheit ist die Farbenempfindlichkeit zugleich insofern
, als die Verhältnisse der Complementärfarbenpaare eine Ver-
erfahren [4]). Die Unterschiedsempfindlichkeit für Helligkeiten ist
partiellen wie totalen Farbenblindheit in der Regel nur bei den-
Vellenlängen beeinträchtigt, die im Spektrum des Farbenblinden

monoculare und die circumscripte Farbenblindheit einer
Netzhautregion, in der Regel des gelben Flecks, sind deshalb
nderem Interesse, weil sie eine unmittelbare subjective Verglei-
abnormen mit der normalen Lichtempfindlichkeit gestatten, wie
ler binocularen und diffusen Farbenblindheit selbstverständlich
ist. Die monoculare Farbenblindheit ist in einigen Fällen als

---

ILLING, Beiträge zur Lehre von den Farbenempfindungen. 2. Stuttgart 1875,

, VIRCHOW's Archiv XIX, S. 522, XX, S. 245, XXVIII, S. 30. HELMHOLTZ,
. 2. Aufl. S. 361.

übrigens KIRSCHMANN, Phil. Stud. VIII, S. 428, und einen charakteristischen
ublindheit bei v. VINTSCHGAU, PFLÜGER's Archiv XLVIII, S. 431.
HMANN, Phil. Stud. VIII, S. 212 ff.

ÖNIG, vergl. oben S. 501 Anmerkung 1. Scheinbar pflegt sogar die Unter-
indlichkeit für Wellenlängen bei Farbenblinden ganz oder theilweise der
gleichen, indem diejenigen Stellen des Spektrums, für die das Auge farben-
ihren Helligkeits- und Sättigungsdifferenzen unterschieden werden.

congenitaler Zustand[1]), in anderen vorübergehend als Begleitersch
des sog. Hypnotismus bei einseitiger Erzeugung desselben beo
worden[2]). In mehreren dieser Fälle ließ sich feststellen, dass e
Theile des Spektrums nicht farbig sondern grau empfunden wurde
dass bestimmte Farbentöne in dem Spektrum des farbenblinden
fehlten. So unterschied ein einseitig Rothblinder HOLMGREN's nur Ge
Blau, das rothe Ende des Spektrums fehlte, und zwischen Gelb un
fand sich eine schmale farblose Zone; ein einseitig Violettblinder
schied nur Roth und Grün, das violette Ende fehlte, und die weil
befand sich im Gelbgrün. In einem von KIRSCHMANN ausführlich
suchten Falle fehlten im farbenblinden Auge Gelb, Grün und Viole
erwies sich spektrales Roth zu Blau complementär[3]). Die circum
Farbenblindheit eines Auges ist wohl meist eine durch beschränkte
heitsprocesse der Retina erworbene; das farbige Licht wird bei ih
oder noch schwach farbig gesehen[4]). Von Interesse ist es, dass
totale Farbenblindheit ohne Veränderung der Empfindlichkeit für
keitsunterschiede, sowie ohne Verschiebung des Helligkeitsmaximu
Spektrum bestehen kann und dass der Helligkeitswerth derselbe
wie auf einer normalen Netzhautstelle[5]), eine Thatsache, welche
spricht, dass die Helligkeits- und die Farbenempfindung an versch
Substrate gebunden sind.

Man hat bisweilen die Farbenblindheit als einen Zustand auf
bei welchem sich die im normalen Auge auf den Seitentheilen de
haut stattfindenden Eigenschaften der Lichtempfindlichkeit bis in d
erstreckten. Diese Betrachtungsweise scheint insofern einigermaß
treffend, als die totale Farbenblindheit der Lichtempfindlichkeit d
meisten excentrischen Stellen der Netzhaut entspricht, während
den mittleren Regionen derselben bestehende Zustand im wesen

1) O. BECKER, Archiv f. Ophthalm. XXV, 2, S. 205. (Fall von monoculare
Farbenblindheit.) v. HIPPEL, Archiv f. Ophthalm., XXVI, 2, S. 176, und XXVII,
HOLMGREN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880, S. 898, 913. HERING, Arch. f. Ophth. X
S. 1 ff., HESS, ebend. S. 24. (In beiden letzteren Fällen existirte vollständige Ro
heit, während die Empfindlichkeit für Grün sowohl wie für alle anderen Fa
vermindert war. Trotzdem werden diese Fälle von HERING und HESS als Rot
blindheit aufgefasst.) KIRSCHMANN, Phil. Stud. VIII, S. 196 ff.

2) HEIDENHAIN und GRÜTZNER, Breslauer ärztl. Zeitschr. 1880, Nr. 4. COHN
Nr. 6. Umgekehrt soll nach COHN bei Personen mit angeborener Farbenblin
Folge der Hypnotisirung ein normaler Farbensinn sich herstellen können. (
med. Wochenschr. 1880, Nr. 16.) Doch dürfte hier wohl eher eine Sugges
Farbennamen als eine Aenderung der Empfindung anzunehmen sein. Ueber di
gungen und Erscheinungen des Hypnotismus im allgemeinen vgl. unten Cap.

3) KIRSCHMANN a. a. O. S. 200 ff.

4) LEBER, in GRAEFE und SAEMISCH's Handbuch V, 2. S. 1036. AUGSTEIN,
Augenheilk. XIV, S. 347. KIRSCHMANN a. a. O. S. 230, 430.

5) Von letzterer Thatsache hatte ich Gelegenheit mich an einer total farbe
Stelle meines eigenen Auges zu überzeugen.

-ünblindheit ähnlich ist. Die Existenz der totalen Farbenblind-
men mit dem Zustand der excentrischen Netzhautpartien scheint
beweisen, dass die Netzhautvorgänge, welche der Empfindung
sen Lichtes oder der Helligkeitsunterschiede entsprechen, unab-
d von jenen, welche die Farbenempfindung begleiten. Anders
sich dagegen mit den Folgerungen, die aus der partiellen
dheit und den ihr einigermaßen gleichenden Zuständen der
Netzhautregionen zu ziehen sind. Würden bloß die Fälle der
eit einerseits und der Violettblindheit anderseits existiren, so
cht zweifelhaft sein, dass dieser Thatbestand einfach als eine
e Empfindlichkeit in Bezug auf die äußersten sichtbaren Wellen-
Lichtes, die längsten oder die kürzesten, zu deuten wäre. Da
ht nur auch für Grün und Blau, sondern, wie es scheint, für jede
Spektrums Unempfindlichkeit oder verminderte Farbenempfind-
istiren kann, so ist diese Auffassung nicht zutreffend. Ueber
ie man die Erscheinungen der Farbenblindheit zu denken habe,
h die Theorie der Farbenempfindungen erst im Zusammenhang
ndern Thatsachen Rechenschaft geben können.

rmalen Lichtempfindungen bilden, wie oben (S. 562 f.) bemerkt,
ch geschlossene stetige Mannigfaltigkeit von drei Dimensionen.
lossenheit des Farbensystems, welche in der Darstellung des-
rch eine geschlossene geometrische Form, Kugel oder Doppel-
ihren Ausdruck findet, ist begründet einmal in der geschlossenen
einfachen Farbencurve, und sodann in der wechselseitigen Be-
n Farbengrad und Lichtstärke, welche von einander ab-
Bestimmungen der Empfindung sind.
e Empfindlichkeit für den Farbenton vollständig oder theilweise
, so nimmt nun auch das System der Lichtempfindungen eine
rm an. Für ein total farbenblindes Auge, welches nur Hellig-
erscheidet, beschränkt sich jenes System auf ein Continuum von
nension, auf eine Gerade, welche alle Abstufungen der Licht-
n hellsten Weiß bis zum tiefsten Schwarz umfasst. Bei der
Farbenblindheit dagegen bilden die Lichtempfindungen im all-
wie im normalen Auge, ein dreidimensionales System, bei
edoch die eine Dimension mehr oder weniger verkürzt ist, so
in ausgesprochenen Fällen partieller Farbenblindheit das System
eidimensionalen nähern kann.
ler oben festgestellten Abhängigkeit der Farbenempfindung von
ärke für das normale Auge erhellt ferner, dass man in dem
ionalen System der Lichtempfindungen von einer beliebigen

Farbe zur Empfindung Weiß oder Schwarz auf doppeltem Wege
kann: einmal durch Mischung des farbigen Lichtes mit anders
wobei man am einfachsten die Complementärfarbe wählt, un
durch bloße Vermehrung oder Verminderung der Lichtstärke; im
Fall wird aber immer zugleich die Stärke der Empfindung v
Hiermit steht nun eine Reihe von Erscheinungen im Zusammenhan
wir auf eine veränderte Reizbarkeit der Netzhaut beziehen

Für alle unsere Sinnesempfindungen gilt innerhalb gewisser
der in der physiologischen Mechanik der Nerven begründete Satz,
Reiz, der auf einen durch vorangegangene Erregung ermüdete
wirkt, denselben Erfolg hat wie ein schwächerer Reiz, der d
müdeten Nerven trifft. Dieser Satz hat nun da, wo Intensität un
völlig von einander unabhängige Bestandtheile der Empfindung s
bei den Tönen, keinen Einfluss auf die qualitative Bestimmtheit d
Anders ist es bei den Lichtempfindungen. Lassen wir eine Far
Roth, auf die Netzhaut einwirken, so verliert die Empfindung a
ihre qualitative Bestimmtheit, und sie nähert sich einer farbl
pfindung, ja sie kann ganz in letztere überzugehen scheinen.
unmittelbar aus dem obigen Gesetz der Ermüdung sich ableit
welchem die Empfindung nach längerer Dauer des Eindrucks de
Schwarz sich annähern muss (S. 504, Fig. 131). Die Ermüdung
hinsichtlich der Qualität der Empfindung den nämlichen Erfolg,
Zumischung einer gewissen Quantität complementären Lichtes
würde. Bleibt das Auge nicht auf dem Eindruck Roth ruhen,
geht es, nachdem derselbe merklich an Sättigung verloren hat,
neuen Reize über, welcher dem gewöhnlichen weißen Lichte e
so zeigt sich auch hier die Empfindung verändert. Die Netz
pfindet nun von den verschiedenfarbigen Strahlen, aus denen sich
zusammensetzt, die rothen in relativ verminderter Sättigung, d.
wenn ihnen die Complementärfarbe beigemischt wäre: es sieht
Weiß in einer zu Roth complementären, also grünlichen Färbun
diese Weise erzeugt jeder Farbeneindruck, wenn er längere Z
dauert hat und dann weißes oder weißliches Licht auf die Netz
ein complementäres Nachbild. Für rothe Eindrücke i
Nachbild grünblau, für violette grüngelb, für grüne purpurn u.
färbt[2]); für weißes Licht ist es schwarz, während umgekehrt ein s
Object auf hellem Grunde ein weißes Nachbild hervorbringt. D

---

1) FECHNER, POGGENDORFF's Annalen, I, S. 200, 427.
2) Siehe die Complementärfarbenpaare auf S. 490.

n Object entspricht eine im Verhältniss zu der Umgebung relativ
ete Stelle der Netzhaut. Sobald aber, wie in diesem Fall, zu-
ns Verhältniss der Empfindung zu den Empfindungen der um-
Theile in Betracht kommt, mengen sich die unten zu erör-
Contrasterscheinungen ein.
en ersten Augenblicken nach einem stattgehabten Eindruck tritt
lementäre Nachbild nicht sogleich in seiner vollen Stärke hervor,
Erregung der Netzhaut den Reiz überdauert, so dass eine Em-
von gleicher Beschaffenheit, ein **gleichfarbiges Nachbild**,
ibt. Dieses letztere ist namentlich dann deutlich zu beobachten,
Lichteindruck nur während einer sehr kurzen Zeit stattfand: das
ige Nachbild vergeht in diesem Falle oft, ohne von einem deutlich
nbaren complementären gefolgt zu sein. Hat dagegen der Reiz
ger eingewirkt, so bemerkt man in der Regel zuerst das gleich-
nd dann das complementäre Nachbild. Der Uebergang des einen in
re wird beschleunigt, wenn der nachfolgende Lichteindruck eine
le Helligkeit besitzt. Am deutlichsten und dauerndsten sind daher
nfarbigen Nachbilder im dunkeln Gesichtsfeld des geschlossenen
och geschieht auch hier jener Uebergang, indem die schwache
des dunkeln Gesichtsfeldes immerhin analog einem äußeren
wirkt.
complementäre Nachbild einer Farbe ist entweder **positiv** oder
Positiv nennt man dasselbe, wenn es in scheinbar gleicher
ar größerer Helligkeit wie der ursprüngliche Eindruck, negativ,
in verminderter Helligkeit gesehen wird. Bei weitem am häufig-
s **negativ**, erscheint also dunkler als das Object. Dies erklärt
ittelbar aus der Ermüdung oder, wie wir es mit Rücksicht auf
arstellung des Farbensystems ausdrücken können, daraus, dass die
ng in Folge der abgestumpften Reizbarkeit dem Pol des Schwarz
Farbenkugel sich nähert. **Positive** complementäre Nachbilder
vorzugsweise dann vor, wenn die Nachbilder von Objecten im
Gesichtsfelde beobachtet werden[1]). Betrachtet man z. B. eine
nme durch ein rothes Glas lange genug, damit das gleichfarbige
nicht auftreten kann, und schließt man nun das Auge, so er-
dem dunkeln Grund des Gesichtsfeldes ein außerordentlich in-
tünes Nachbild der Flamme. Oeffnet man das Auge und sieht

CKE, Denkschriften der Wiener Akademie, III, S. 95, und MOLESCHOTT's Unter-
IX, S. 13. HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 384. Eine Erklärung der positiv
tären Nachbilder hat BRÜCKE, der sie hauptsächlich studirte, nicht gegeben.
hielt sie für eine Mischerscheinung, welche beim Wechsel des gleichfarbigen
wöhnlichen negativ complementären Nachbildes entstehe.

auf eine weiße Fläche, so wird das Nachbild augenblicklich ver
Dieselbe Netzhautstelle, die bei schwacher Lichtreizung scheinbar
steigerte Erregbarkeit erkennen lässt, zeigt demnach bei starke
reizung verminderte Erregbarkeit: in beiden Fällen aber wird ge
Licht in dem zur ursprünglichen Farbe complementären Tone
Offenbar muss daher in Bezug auf die Erregbarkeit für die versch
Farbestrahlen des gemischten Lichtes in beiden Fällen der nämli
stand bestehen: auch beim positiv complementären Nachbild m
müdung für die ursprünglich gesehene Farbe vorhanden sein. Da
dem das Nachbild hell auf dunkelm Grunde erscheint, können
nur auf den Contrast beziehen, der überhaupt bei diesen Versu
Helligkeitsverhältnisse von Bild und Umgebung bestimmt. W
farbiges Object auf gleichmäßig grauem Grund gesehen, so erschei
den Contrast das Object heller, der Grund dunkler, als sie in Wir
sind. Hierdurch erklärt es sich denn auch, dass die positiv com
tären Nachbilder nur bei geschlossenem Auge oder im Dunkeln wa
bar sind, alsbald aber in negative überspringen, wenn eine stärk
leuchtung des Gesichtsfeldes eintritt. Durch diesen Wechsel wer
die Bedingungen des Contrastes, keine der sonstigen die Empfind
stimmenden Verhältnisse geändert[1]). Die günstigsten Bedingungen
Entstehung langdauernder negativer und complementärer Nachbil
im allgemeinen dann vorhanden, wenn die primären Lichteindrü
längere Zeit auf das möglichst starr fixirende Auge einwirken.
beruht wohl auch die Erscheinung, dass Gegenstände, die man
Zeit fixirt, namentlich wenn sie aus zahlreichen Einzeleindrücken b
wie z. B. die Buchstaben einer Druckseite, allmählich verschwimn
wie mit einem Nebel überzogen erscheinen, nach einer kurzen B
des Auges aber sofort wieder deutlich wahrgenommen werden.
in Folge der Ermüdung Eindrücke von sehr verschiedener Lichtbe
heit fortwährend wechseln, wird hierbei die Ermüdung für einen bes
Lichtreiz hintangehalten. Hierauf beruht es wohl auch, dass uns

1) Vgl. die unten folgenden Auseinandersetzungen über den Contrast.
System der Nachbilder lässt sich nach den obigen Unterscheidungen in folgend
sichtstafel darstellen:

Positive — Negative

Gleichfarbige — Complementäre — Gleichfarbige — Comp

Erfolgt die Reizung durch weißes Licht, so fallen die Unterabtheilungen d
farbigen und der complementären Nachbilder hinweg. Häufig werden die
nungen positive und gleichfarbige sowie negative und complementäre Nachbi
weiteres einander substituirt, ein Sprachgebrauch, der wegen der Existenz d
complementären Nachbilder vermieden werden sollte.

beim Aufenthalt in einem völlig gleichmäßig beleuchteten Raum, nicht bei der gewöhnlichen wechselnden Tagesbeleuchtung in seiner Licht-ndlichkeit sich verändert[1]). Lässt man auf das Auge, nachdem es ine bestimmte Farbe ermüdet ist, anderes homogenes Licht ein-n, so erscheint der Farbenton des letzteren in dem der Ermüdung e erste Farbe entsprechenden Sinne verändert. So erscheint Violett ge der Ermüdung für Roth bläulichgrün, Roth nach der Ermüdung lau röthlichgelb, u. s. w.[2]). Ermüdet man das Auge für eine Spek-be, so erscheint deren spektrale Complementärfarbe in überspek-Sättigung.

m ganzen beruhen somit die Nachbilderscheinungen hauptsächlich rei Momenten, die in verschiedenen Fällen bald gemischt, bald von der isolirt zur Geltung kommen: erstens auf dem direct durch den eiz hervorgerufenen Erregungsvorgang, der den Reiz immer merklich auert, zweitens auf der veränderten Reizbarkeit der Netzhaut, welche, em der Erregungsvorgang vorüber ist, eine kürzere oder längere urückbleibt; dazu kommt dann drittens noch unter bestimmten, unten zu erörternden Bedingungen der Contrast der Empfindungen. Die derte Reizbarkeit verursacht unter allen Umständen das comple-re Nachbild, sei es negativ oder positiv; das unmittelbare Fort-n der Erregung dagegen kommt als gleichfarbiges Nachbild zur Er-ung; der Contrast bestimmt hauptsächlich die größere oder geringere ität, in welcher sich die Nachwirkungen der Erregung geltend en[3]).

Etwas abweichend von den Nachbildern länger dauernder Licht-

---

1) A. E. Fick und Gürber, Arch. f. Ophth. XXXVI, 2, S. 245 ff. Vgl. hierzu auch , ebend. XXXVII, 3, S. 1 ff. und A. E. Fick, ebend. XXXVIII, 1, S. 118 ff. Fick rber nehmen an, dass, abgesehen von dem Wechsel der Eindrücke, der Augen-gung als solcher ein wesentlicher, die Erholung fördernder Einfluss zukomme, sie vermuthen, dass der Blut- oder Lymphstrom und dadurch die Entfernung rch die Ermüdung erzeugten Zersetzungsstoffe in Folge der Bewegung begün-erde. Dem steht aber entgegen, dass nicht unter allen Umständen, sondern nur wenn sie mit einem Wechsel der Eindrücke verbunden ist, die Bewegung die klung der complementären Nachbilder hemmt, und dass der Aufenthalt in einem gleichförmig, wenn auch nur mäßig erleuchteten Raume trotz der Bewegung et. Uebrigens besitzen hierbei zugleich, wie unten erörtert werden soll, die ver-enen Lichtqualitäten einen verschiedengradigen ermüdenden Einfluss.

2) Hess, Arch. f. Ophth. XXXVI, 1, S. 1 ff.

3) Hering (Zur Lehre vom Lichtsinn. Wien 1878, S. 14, 43 ff., Pflüger's Archiv S. 264, 329 ff.) hat hervorgehoben, dass die Auffassung des negativen Nachbildes er Ermüdungserscheinung in vielen Fällen nicht zureiche. Alle von Hering hrten Beispiele lassen sich aber leicht aus dem Contrast ableiten, dessen Ein-ng in die Nachbilderscheinungen allerdings nicht übersehen werden darf. Hering deutet das complementäre Nachbild als eine Erscheinung der Erholung, indem immt, dass das Auftreten der Contrastfarbe oder der contrastirenden Helligkeit om eines der ursprünglichen Reizung entgegengesetzt gerichteten und die nor-Constitution der Sehsubstanz wieder herstellenden Processes sei. Aber die

reizungen verhalten sich die Nachwirkungen annähernd i
taner Netzhauterregungen. An solche schließt sich nämlich in
ein oscillatorisch zwischen positivem und negativem Nachbild wec
während mehrerer Secunden allmählich abnehmender Process
momentanen Reiz folgt zunächst ein positives Nachbild, dann ein
diesem wieder ein positives u. s. f., wobei die Dauer der einzeln
den zu-, die Intensität der Lichterscheinung aber immer mehr ab
Bei sehr intensiven kurz dauernden Lichtreizungen verbindet si
periodische Ablauf mit weiteren Erscheinungen, die man als
Abklingen der Nachbilder zu bezeichnen pflegt.

Schließt man nach momentanem Anblicken eines hell leu
weißen Objects das Auge, so wandelt sich das anfänglich positi
Nachbild durch Blau, Violett, Roth in das negative graue Nachb
Diese Erscheinung erklärt sich, wenn man annimmt, dass die Nac
der Erregung von der Wellenlänge des Lichtes abhängig ist,
muss die rothe Erregung anfänglich am schnellsten sinken, w
dann aber lange Zeit braucht, um vollständig zu verschwinden.
Lichtreizung muss dagegen anfangs am langsamsten und zuletzt an
sten abnehmen, während die violette ein mittleres Verhalten da
Eine ähnliche Erscheinung wird am Farbenkreisel beobachtet, w
der Scheibe desselben abwechselnd schwarze und weiße Sect
und eine Umdrehungsgeschwindigkeit wählt, bei welcher noch kei
mäßig grauer Eindruck entsteht. Man sieht dann ein farbiges F
indem bei mäßiger Geschwindigkeit jedem schwarzen Sector eine
Färbung vorangeht und eine bläuliche oder grünliche nachfolgt;
größerer Rotationsgeschwindigkeit dehnt sich die röthliche Färb

---

Annahme eines solchen Processes, die sich auf die unten zu erörternde HERING'sc
der Lichtempfindungen gründet, ist durchaus hypothetisch, während der hi
gesetzte von FECHNER zuerst als Ursache der negativen und complementären
angenommene Einfluss der Ermüdung einem überall in der Sinnesphysiolog
kehrenden empirischen Gesetze entspricht.

1) PLATEAU, POGG. Ann. XXXII, S. 550. FECHNER, Psychophysik II, S. 340
PFLÜGER's Arch. XLIX, S. 190 ff. Indem HESS die unmittelbare positive Na
des Reizes hierbei nicht als Nachbild gelten lässt, nimmt er an, dass dem
Lichteindruck sofort ein negatives Nachbild folge, welches dann erst in d
übergehe. Aehnliche Oscillationen hat CHARPENTIER (Compt. rend. 1891,
p. 217) bei bewegten Lichtreizen beobachtet. In diesem Fall wird der Rei
der Bewegung für jede einzelne Netzhautstelle zu einem annähernd moment
Erscheinung der Oscillation wird aber hier dadurch verwickelter, dass sie
falls über eine Netzhautstrecke hinbewegt.

2) FECHNER, POGGENDORFF's Annalen, L, S. 445.

3) HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 372. HELMHOLTZ bezieht die Erschein
einen verschiedenen Erregungsverlauf in roth-, grün- und violettempfindend
fasern. Da es sich hier um einen stetig mit der Wellenlänge veränderliche
handelt, so ist hier die Beziehung auf specifische Nervenfasern oder Sehstof
ein willkürlicher Ausdruck für diese Thatsache.

ber die weißen, die blaue über die schwarzen Sectoren aus[1]).
nomen weist darauf hin, dass auch das Ansteigen der Er-
i den einzelnen Farben mit verschiedener Geschwindigkeit ge-
nd zwar dass zuerst für Roth, später für Grün, Blau und Violett
num der Reizung erreicht wird[2]). In der That wird dies durch
von KUNKEL bestätigt, nach denen z. B. bei mittlerer Lichtinten-
ur Erreichung des Maximums erforderliche Zeit für rothes Licht
ür blaues 0,0916, für grünes 0,133 Sec. betrug[3]). Alle diese
gen stehen wahrscheinlich mit den allgemeinen Gesetzen der
g in engem Zusammenhang. Wie jede Nervenerregung ein
cher Process ist[4]), so besteht vermuthlich schon der Vor-
n peripherischen Sinneselementen in einem solchen, in der Retina
raschen Oscilliren zwischen Ermüdungs- und Erholungsphasen,
sdruck wechselnder chemischer Processe sind. Bei dem Ab-
r Farben kommt sodann augenscheinlich die Thatsache zur Gel-
s diejenige Farbe, die bei starker Lichtintensität die größte
besitzt, Roth, auch am schnellsten ansteigt und wieder sinkt.
. 130 S. 502.)
onocularer Reizung lässt sich außer dem Nachbild im direct ge-
ge auch ein solches im nicht gereizten nachweisen. Dasselbe
n unten zu besprechenden Erscheinungen des binocularen Con-
t denen es meist zusammengeworfen wurde, auf das bestimm-
nterscheiden. Es ist zunächst in seiner Qualität dem primären
gleich, aber von weit geringerer Intensität und zeigt einen ähn-
senverlauf wie dieses. Wahrscheinlich beruht dieses secundäre
uf einer Miterregung, die durch die vom Mittelhirngebiet kommen-
fugalen Opticusfasern vermittelt ist. (Vergl. Fig. 56 S. 130.)[5])
achbilder und die übrigen auf veränderliche Reizbarkeit hin-
Erscheinungen lehren, dass die Lichtempfindung eine Function
der Wellenlänge, sondern auch des jeweiligen Zustandes der
st. Alle bisherigen Beobachtungen bezogen sich nun darauf, dass
keit einer gegebenen Netzhautstelle theils durch die bleibenden
ten derselben, wie individuelle Reizempfänglichkeit, Lage in
das Netzhautcentrum, theils durch vorangegangene Reizungen,
getroffen haben, bestimmt ist. Daneben zeigen aber weitere
n, dass die Lichtempfindung, die durch Reizung einer Netz-

NER, a. a. O., XLV, S. 227.
HOLTZ, Physiol. Optik, S. 380, 381.
EL, PFLÜGER's Archiv f. Physiologie, IX, S. 197.
Cap. VI, S. 257.
IENER, Phil. Stud. VIII, S. 231 ff.

hautstelle entsteht, zugleich Function des Reizungszustandes ist, in
sich andere Stellen befinden. Die hierdurch entstehenden Ersche
werden als Contraste bezeichnet.

Legt man von zwei schwarzen Objecten gleicher Beschaffenh
von zwei aus mattschwarzem Papier geschnittenen Quadraten, das
einen weißen, das andere auf einen grauen Hintergrund, so ersch
erste dunkler als das zweite Ebenso sieht ein weißes Object auf sch
Grunde heller als das nämliche Object auf grauem Grunde aus.
geht hervor, dass die Helligkeit, in der ein Netzhauteindruck em
wird, nicht bloß von seiner eigenen Lichtstärke, sondern auch
Lichtstärke seiner Umgebung abhängt, indem unsere Empfindun
mehr in einem bestimmten Sinne ausgeprägt ist, je mehr sie in
gebung durch die Beschaffenheit des dort stattfindenden Eindru
entgegengesetzter Richtung bestimmt wird. Eben deshalb hat
Erscheinung einen Gegensatz oder Contrast der Empfindungen
In ähnlichem Sinne werden die letzteren beeinflusst, wenn far
gleichzeitig in der Umgebung andersfarbige Eindrücke stattfinde
die Helligkeitsempfindung um so größer ist, je stärker der Gegen
Helligkeit der Umgebung, so ist die Farbenempfindung um so ge
in je größerem Gegensatze sie sich zur Farbenempfindung umg
Netzhautstellen befindet. Die Farben des größten Gegensatzes s
die auf der Farbentafel einander gerade gegenüberliegenden Compl
farben. Jede Farbe wird daher dann in größter Sättigung em
wenn die umgebende Netzhaut von einem complementärfarbigen
getroffen wird. Um also die einzelnen Farben im Maximum ihrer S
erscheinen zu lassen, muss man z. B. Roth auf grünblauem,
violettem, Grün auf purpurrothem Grunde betrachten. Augens
besteht hier eine Analogie zwischen den Contrasterscheinungen
Nachbilderphänomenen; denn bei diesen zeigt sich eine gegebe
hautstelle dann zur möglichst gesättigten Empfindung einer Fa
ponirt, wenn sie für die Contrastfarbe ermüdet ist. Man hat da
die durch Ermüdung hervorgerufene Veränderung als successiv
trast bezeichnet und davon die eigentlichen Contrasterscheinungen
auf der Wechselbeziehung jeder empfindenden Stelle zu ihrer U
beruhen, als simultanen Contrast unterschieden. Der success
natürlich neben dem simultanen Contrast bestehen. Man kan
einer Netzhautstelle durch Reizung ihrer selbst und hierauf, wäh
Eindruck stattfindet, durch Reizung ihrer Umgebung mit complem
Lichte oder mit entgegengesetzter Lichtintensität die möglichst gr
pfindlichkeit für einen gegebenen Lichtreiz verleihen. Jeder

laher dann am entschiedensten in der ihm eigenen Farbe und
eit empfunden, wenn er ebensowohl durch successiven wie
simultanen Contrast gehoben ist.
n kann leicht beobachten, dass es sehr mannigfaltige Grade des
tes gibt. Wie wir eine Netzhautstelle in verschiedenem Maße für
stimmte Farbe ermüden und hierdurch die Reizbarkeit für die ihr
nentäre vergrößern können, indem wir kürzer oder länger, in
r oder geringerer Sättigung den ermüdenden Farbeneindruck wirken
so sind auch beim simultanen Contrast die verschiedensten Abstu-
möglich. Diese sind bei Helligkeitscontrasten von der Lichtstärke,
sdehnung und Entfernung der Eindrücke, bei Farbencontrasten
m von dem Farbenton und der Sättigung der Farben abhängig.
n ein weißes Object von immer gleicher Beschaffenheit, z. B. ein
aus weißem Papier, auf verschiedene neben einander gestellte
Flächen, die von vollkommenem Schwarz durch dunkles Grau bis
tgrau abgestuft sind, so erscheint das weiße Object in abgestufter
it, auf dem schwarzen Grunde am hellsten, auf dem lichtgrauen
am wenigsten hell. Variirt man nun aber nicht bloß die Hellig-
s Grundes, sondern auch diejenige des Objectes, so bemerkt man,
n lichtgraues Papier auf schwarzem Grunde in seiner Helligkeit
nissmäßig viel mehr gehoben erscheint als ein weißes Papier auf
en schwarzen Grunde: beide Papiere erscheinen nämlich vollkommen
weiß. Es geht aus dieser Beobachtung schon hervor, dass der
t bei einer ganz bestimmten Helligkeitsdifferenz der Eindrücke sein
m erreichen muss.
n beim reinen Helligkeitscontrast dieses Maximum sowie
upt die Abhängigkeit des Contrastes von der Helligkeitsdifferenz der
ander einwirkenden farblosen Flächen quantitativ zu bestimmen,
t man nach dem Vorgang von Alfr. Lehmann folgendermaßen[1].
ringt neben einander zwei in jedem Versuch constant bleibende
Hintergründe i und J von verschiedener Helligkeit an. Vor beiden
durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzte rotirende Scheiben auf-
, die aus weißen und schwarzen Sectoren zusammengesetzt sind.
zteren werden an der vor dem Hintergrund i befindlichen Scheibe
estuft, dass die Helligkeit ebenfalls $= i$, also der Contrasteinfluss
eser Scheibe gleich null wird; hierauf werden an der vor dem
rund J rotirenden Scheibe die Sectoren so abgestuft, dass ihre
eit derjenigen der anderen Scheibe gleich, also wiederum $= i$
nt. Da nun die erste ohne Constrast, die zweite unter dem Ein-

[1] Lehmann, Phil. Stud., III, S. 497.

fluss des von dem dunkleren oder helleren Hintergrund J ausg Contrastes gesehen wird, so ist die wirkliche, aus dem Verhält schwarzen und weißen Sectoren zu bestimmende Helligkeit r der Scheibe entweder kleiner oder größer als die der ersten: erstere der Hintergrund J dunkler als i ist, wo der Contrast die Hellig Scheibe vergrößert; letzteres, wenn J heller als i ist, in welch der Contrast die Helligkeit vermindert. Wir wollen den ers als positiven, den zweiten als negativen Contrast, die Hel aber mit Brücke[1]) als die inducirende, die objective Helligkeit r reagirende und endlich die durch den Contrast subjectiv h brachte Helligkeit i als die inducirte bezeichnen. Es wird d durch den Contrast erzeugte absolute Helligkeitsänderung durch d renz $i—r$, ihre relative (im Verhältniss zur wirklichen Helligkeit ducirten Scheibe) durch den Quotienten $\frac{i-r}{r}$ gemessen. Variirt die Helligkeiten J und i in geeigneter Weise, so lässt sich leicht z Werthe von J derjenige Werth von r finden, bei welchem jener ein Maximum, wo also die Contrastwirkung am größten wird. I suche zeigen, dass es bei jeder Helligkeit J des inducirenden Fel je ein positives und negatives Contrastmaximum gibt, und das scheinlich dieses Maximum überall bei einem und demselben Ve von $J : r$ eintritt. In den Beobachtungen Lehmann's war der Wert constanten Verhältnisses $\frac{J}{r} = 4,76$. Die Constanz des relativen C maximums scheint anzudeuten, dass die Contrasteinflüsse einer ä Beziehung folgen, wie dieselbe bezüglich der quantitativen Abstufu Empfindungsstärken in dem Weber'schen Gesetz ihren Ausdruck In der That schien sich dies in Versuchen von H. Neiglick zu be in denen eine graue rotirende Scheibe r (Fig. 118 S. 446) un gleichzeitigen inducirenden Einflusse zweier anderer rechts und l ihr stehender, einer dunkleren d und einer helleren h beobachte während der Contrast mit dem Hintergrund durch Uebereinstimmun Helligkeit mit derjenigen der zugehörigen Scheibe beseitigt war. man nun, während d und h constant blieben, das Grau der v Scheibe r durch Veränderung der schwarzen und weißen Sect lange ab, bis die Helligkeit r als die absolute Mitte zwischen den keiten d und h geschätzt wurde, so zeigte sich die durch das We Gesetz geforderte Relation $\frac{d}{r} = \frac{r}{h}$ um so vollständiger bewährt, das Verhältniss von d, h und r einem Contrastmaximum kam[2]).



[1]) Denkschr. der Wiener Akad. Math.-naturw. Cl., III, S. 98.
[2]) H. Neiglick, Phil. Stud. IV, S. 28.

chen Bedingungen ist übrigens die Intensität von der Ausdehnung
rastirenden Flächen abhängig, und zwar nimmt bei constant
r Größe des inducirten Objectes der Contrasteinfluss nach
v's Versuchen annähernd proportional der linearen Größe des
den zu[1]).

farbigen Eindrücken lässt sich der Contrast in dreifacher
riiren: indem man erstens den Farbenton, zweitens den
rad und drittens die Helligkeit der contrastirenden Eindrücke
kann. Der Farbencontrast lässt sich somit in drei Contrast-
erlegen: den eigentlichen Farbencontrast, den Sättigungscontrast
Helligkeitscontrast. In der Regel sind an einer einzelnen Con-
einung diese drei Formen als Factoren betheiligt. Doch kann
, oder es können sogar zwei von ihnen verschwinden, voraus-
ämlich, dass die contrastirenden Objecte in den betreffenden
ngseigenschaften, Farbenton, Farbengrad oder Helligkeit, einander
d.

zug auf den eigentlichen Farbencontrast wurde schon
oben, dass Complementärfarben den größten Contrast geben.
rmindert sich, wenn man die Farbentöne einander näher oder
wählt. Für die Empfindung ist beides wegen der geschlossenen
er Farbencurve identisch: hier sind alle nicht complementären
nander näher als die Ergänzungsfarben, und die Hebung durch
rast vermindert sich mit dieser Annäherung. Dabei bestehen,
man nur den Farbenton ändert, Sättigung und Helligkeit aber
erhält, die eintretenden Veränderungen ebenfalls nur in Aende-
les Farbentons. Ist also das Maximum des Contrastes dann er-
enn die beiden Farben einander complementär sind, wo sie beide
rößten Reinheit des Farbentons gesehen werden, so ändert sich
der Verschiebung der beiden Farben dergestalt, dass der Ton
en in einem Sinne modificirt erscheint, welcher der Annäherung
ächstliegende Complementärfarbenpaar entspricht. Nennen wir
end den beim Helligkeitscontrast gebrauchten Ausdrücken die-
rbe, die durch eine andere beeinflusst wird, die reagirende
lucirte, diejenige dagegen, welche den Einfluss ausübt, die
ende, so lassen sich die Erscheinungen der Farbeninduction
ntrast am zweckmäßigsten in der Weise studiren, dass man von
, welche man als reagirende benützen will, Objecte von gleicher
lso z. B. Papierstücke, die mit möglichst gesättigten Pigmenten
nd, auf eine Reihe neben einander gelegter größerer Papierstücke

[1]) Kirschmann, Phil. Stud. VI, S. 430 ff.

legt, die ungefähr nach den Hauptfarben des Spektrums abgestu
Man kann dann das farbige Object als die inducirte, den anders
Hintergrund als die inducirende Farbe betrachten. Legt man au
Weise z. B. rothe Papierstücke neben einander auf einen orange
gelbgrün, grün, grünblau u. s. w. gefärbten Hintergrund, so ersche
Roth in völlig unverändertem Farbenton auf seinem complementär
dem blaugrünen Hintergrund. Schon auf grünem erscheint es et
Purpur verändert, auf Gelbgrün, Gelb, Orange nimmt es allmählic
violetten und selbst bläulichen Schimmer an, wogegen es sich au
grün, Blau u. s. w. mehr dem Orange und Gelb nähert. In ä
Weise bleibt Grün unverändert auf dem ihm complementären Purp
den gegen das Ende des Spektrums gelegenen Farben nimmt e
gelblichen, auf den gegen den Anfang gelegenen einen bläulichen Fa
an. Achtet man gleichzeitig auf den Farbenton des Grundes, so
man übrigens, dass regelmäßi
dieser, und zwar in entgegenge
Sinne verändert erscheint. Währe
z. B. Roth auf gelbem Hintergrun
bläulichen Schein annimmt, er
gelbe Hintergrund selbst einen
lichen Schimmer. Jede inducirend
wird somit durch diejenige, auf
sie inducirend wirkt, immer
selbst inducirt. Wir können u
sen wechselseitigen Einfluss bei
traste am einfachsten veranscha
wenn wir zwei Farbenkreise

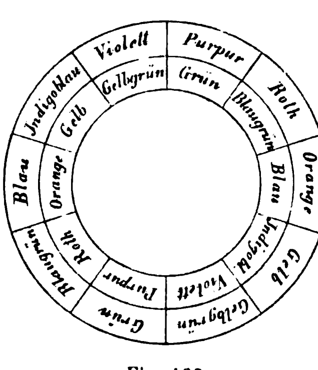


Fig. 133.

trisch zu einander construiren und den einen um 180° gegen
dern gedreht denken, so dass jeder Farbe am einen Kreise di
plementärfarbe am andern entspricht (Fig. 133)[1]. Es geben da
zusammentreffenden Segmente des äußeren und inneren Kreises
die Richtung der Veränderung an. Wählen wir z. B. Grün auf
Grunde, so bedeutet dies, da Grün mit Purpur, Roth mit Blaug
sammenfällt, dass das Grün so modificirt ist, als wenn ihm Blaugr
Roth so, als wenn ihm Purpur beigemischt wäre. Bei Grün auf
Grunde wird sich dagegen das Grün in der Richtung des Indigobl
Gelb wieder in der des Purpur, also etwa in ein röthliches Oran
ändern. Wählen wir endlich aber Grün auf purpurrothem Gru
bezeichnet das Zusammentreffen beider in Fig. 133, dass sie sich i

1) A. Rollett, Wiener Sitzungsberichte. Math.-naturw. Cl., 3. Abth. Marz

unverändert bestehen lassen. Als allgemeine Regel für den Far-
el in Bezug auf den Farbenton gilt also der Satz, dass jede Farbe
ihrer Complementärfarbe verändernd wirkt. Dies ist der Grund,
nan die Complementärfarben auch **Contrastfarben** genannt hat.
Sättigungs- und der Helligkeitscontrast der Farben
en des oben (S. 503) besprochenen Einflusses der Helligkeit auf
ung nicht von einander zu trennen. Insbesondere ist es un-
lie Helligkeit zu ändern, ohne dass zugleich die Sättigung ge-
irde. Zunächst gilt für diese Contrasteinflüsse die Regel, dass
e um so schwerer durch Contrast verändert werden kann, je
sie ist. Hiervon kann man sich bei dem oben erwähnten Ver-
die Farbeninduction gleichfarbiger Papierstücke auf verschieden-
Grund leicht überzeugen. Die Veränderung wird nämlich viel
, wenn man die farbigen Papiere mit weißem Seidenpapier oder
Platte aus Mattglas bedeckt, durch welche die Farben hindurch-
aber in ihrer Sättigung bedeutend vermindert sind. Jetzt hat
rothes Object auf indigblauem Grunde nicht mehr bloß einen
Schimmer, sondern es sieht vollständig gelb, der indigblaue
er sieht blaugrün aus. Während man bei den gesättigten Farben
Contrastes ziemlich leicht erkennt, dass die einzelnen aufgelegten
s demselben Papier geschnitten sind, ist dies bei den weißlichen
cht mehr möglich, sondern man hält die Farben für durchaus
ene.

las Farblose als der geringste Sättigungsgrad einer jeden Farbe
werden kann, so sind weiße oder graue Objecte am günstigsten,
chst große Contrastveränderungen hervortreten zu lassen. Ein
Object wirkt gar nicht mehr inducirend auf einen andern Farben-
elbst empfängt aber von einem solchen die größte inducirende
indem es rein in der Contrastfarbe, ohne jede Beimengung einer
arbe, gesehen wird. Wir können uns hiernach diese Abhängig-
Contrastes vom Sättigungsgrad am einfachsten in folgender Weise
. Eine Farbe A modificirt die auf einer benachbarten Netzhaut-
tfindende Empfindung so, als wenn der hier einwirkende Ein-
mit einer gewissen Menge zu A complementärfarbigen Lichtes
wäre. Die Empfindung B muss deshalb der Complementärfarbe
so mehr sich nähern, je weniger gesättigt ihr ursprünglicher
ist, und sie geht vollständig in die Complementärfarbe über,
ne Sättigung null wird. Ein Versuch, welcher ganz diesen Be-
n entspricht und daher die Contrastfarben vorzugsweise lebhaft
heinung bringt, besteht in dem folgenden von H. MEYER[1] ange-

GENDORFF's Annalen, XCV, S. 170.

gebenen Verfahren. Man bringt auf ein farbiges Papier ein k graues oder schwarzes Papierstückchen und überdeckt das Ga einem Bogen durchsichtigen Briefpapiers: es erscheint nun das gra sehr deutlich in der Contrastfarbe. Hierbei wird der Contrast n durch begünstigt, dass das Briefpapier eine gleichmäßige Fläche h auf der nicht durch die Begrenzungslinien der verschiedenen gegen einander die Wechselwirkung der Empfindung geschwäch Aehnlich starke Contrastwirkungen erhält man, wenn man durch Spi die Helligkeit der contrastirenden Objecte vermehrt und die S der Farbe vermindert, wie in dem Versuch von RAGONI SCINA (Fig. Man nimmt eine horizontale und verticale weiße Papierfläche, zu eine farbige Glasplatte unter einem Winkel geneigt ist; auf der h talen Fläche bringt man ein schwarzes Papierstückchen a an. I dessen empfängt das Auge o in der Richtung a o fast nur farblos welches an der Oberfläche der farbigen Gl reflectirt wird, überall sonst bekommt es gebrochenes Licht, welches durch die Gl stark gefärbt ist. Es erscheint daher der deutlich in der Complementärfarbe der Glas Man kann diesen Versuch auch in folgende modificiren. Man nimmt die verticale Papi nicht weiß sondern schwarz, klebt aber b weißes Papierstückchen von gleicher Größe auf, dessen Reflexbild mit a zusammenfällt

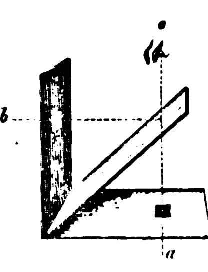


Fig. 134.

erscheint die Farbe der Glasplatte viel gesättigter als im vorig weil nur noch das von ihr durchgelassene Licht ins Auge gelangt: erscheint die Stelle a deutlich in der Complementärfarbe. Aber nun gleichzeitig zwischen dem hellen Spiegelbild und dem dunkel Grunde ein Helligkeitscontrast auf: das Spiegelbild des weißen stückchens erscheint daher heller, d. h. minder gesättigt, als wei auch für den Reflex eine gleichförmig weiße Farbe nimmt, durch die Farbe der Glasplatte an Sättigung vermindert wird. Hiera hervor, dass der Contrast bis zu einer gewissen Grenze zunimmt sowohl die Helligkeit der inducirten Fläche wie die der induc Farbe wächst. Die lichtschwächsten Eindrücke können, da sie Minimum von Empfindung bewirken, auch in ihrer Empfindungs durch den Contrast nicht erheblich geändert werden. So kommt

1) HELMHOLTZ, Physiologische Optik, S. 405.

2) Es ist zweckmäßig hierbei die Glasplatte probeweise hin- und herz bis das gespiegelte Licht diejenige Helligkeit hat, bei welcher der Contrast am sten hervortritt.

auf farbigem Grunde, welches mit diesem die gleiche Helligkeit
günstigste Bedingung für den Farbencontrast darbietet. Hierin
leich die Erklärung für die Wirkung des durchscheinenden Brief-
n MEYER's Versuch. Bei diesem erscheint die Contrastfarbe dann
lichsten, wenn man auf ein Papier von gesättigter Farbe ein
schwarzes Papierstückchen legt und dann den Briefbogen darüber
Durch den letzteren werden nun die zur Hervorbringung des
s günstigsten Verhältnisse der Sättigung und Helligkeit erzeugt.
rast vermindert sich dagegen sehr, wenn man statt des schwarzen
es Papierstückchen unterlegt. Wählt man anderseits ein sehr
einendes Seidenpapier zur Bedeckung, so muss man mehrere
esselben über einander schichten, bis dasjenige Verhältniss der
t getroffen ist, bei welchem der Contrast ein Maximum wird.
geeignetste Mittel zur Bestimmung der für den Contrast gün-
n Helligkeits- und Sättigungsgrade bietet der Farbenkreisel.
n der Scheibe desselben mehrere farbige Sectoren, deren jeder
bestimmten Stelle durch ein schwarzes Zwischenstück unter-
ist, wie in Fig. 135, wo die far-
eile der Sectoren durch Schraf-
ngedeutet sind, so erscheint bei
otation die ganze Scheibe in einem
n Farbenton, an der Stelle des
stücks erscheint aber ein Ring in
plementärfarbe. Nun lässt sich
e Farbe des Grundes an Sättigung
n oder vermindern, indem man
e der Sectoren größer oder kleiner
nd ebenso lässt sich die Helligkeit
es vermehren oder vermindern je
Breite, die man dem schwarzen Zwischenstück gibt. Man findet
dass auf die Stärke des eintretenden Contrastes das Helligkeits-
niss der inducirenden und der inducirten Fläche von entscheidendem
st. Der Farbencontrast ist nämlich nach SCHMERLER's Versuchen unter
ichen Bedingungen am stärksten, wenn beide Flächen von gleicher
t sind, und er nimmt mit Zunahme des Helligkeitsunterschiedes
mehr ab: ein dunkler Farbenton verlangt also eine schwarz-
in heller eine hellgraue Contrastfläche zur Erzielung günstiger
wirkungen [1]). Abgesehen von diesem mit der Helligkeit der indu-
Farbe wechselnden relativen gibt es aber noch ein absolutes

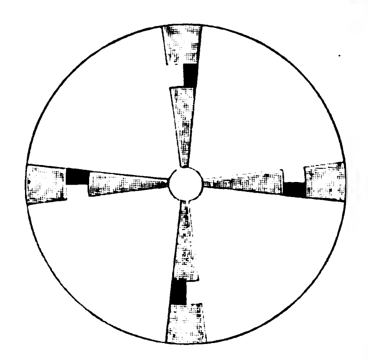


Fig. 135.

---

[1]) SCHMERLER, Phil. Stud., I, S. 379.

Contrastmaximum, welches bei der größten Sättigung einer Farbe un entsprechenden Helligkeit der inducirten grauen Fläche erreicht w ferner eine Farbe von einer andern um so mehr inducirt werde je geringer ihre Sättigung ist, so liegt bei der wechselseitigen I zweier Farben das Contrastmaximum bei einer mittleren Sättigu gleichen Helligkeit beider Farben[1]).

Auf denselben Bedingungen beruhen die Complementärfarben graue Schatten auf einem farbigen Grunde zeigen. Hellig Schattens und Sättigung der inducirenden Farbe stehen hierbei in einem für die Erzeugung des Contrastes günstigen Verhältniss gehört die bekannte Erscheinung, dass die Schatten in der r Beleuchtung der Abendsonne oder des Lampenlichtes grünblau sind. In allen möglichen Contrastfarben lassen sich die Schatten bringen, wenn man Sonnen- oder Lampenlicht durch gefärbt treten lässt und in dieser farbigen Beleuchtung schattengebende aufstellt[2]).

Besonders ausgeprägt treten alle diese Contrastwirkungen in den nungen des sogenannten Grenz- oder Randcontrastes herv breiter Schatten in einer farbigen Beleuchtung erscheint an seine gegen die letztere in deutlicher Contrastfarbe, diese nimmt aber Entfernung von der Grenze allmählich ab und verschwindet endlic Wählt man bei dem Meyer'schen das untergeschobene schwarze Pap groß, so zeigt es nur noch am Ra lichen Contrast. Am schönsten la die Erscheinungen des Randcontras der mittelst der rotirenden Schei stellen[3]). Versieht man eine weiße mit schwarzen Sectoren, deren Br wie die Fig. 136 zeigt, von inn außen vermindert, so müssten, we Contrast stattfände, bei der Rotatio Ringe erscheinen, deren Hellig innen nach außen abnähme, abe

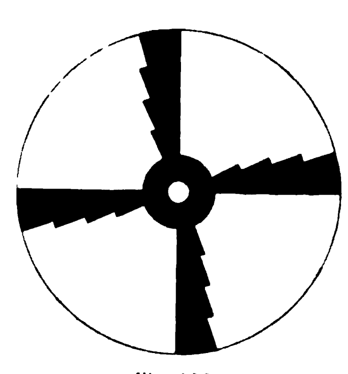


Fig. 136.

halb eines jeden Abschnitts constant bliebe. Doch ist dies n Fall, sondern jeder Ring erscheint nach innen, wo der letzte angrenzt, heller, fast weiß, nach außen, wo der nächste hellere dunkler. Nimmt man eine Scheibe, wie Fig. 135 (S. 525), wählt

1) Kirschmann, Phil. Stud. VI, S. 462 ff.
2) Fechner, Poggendorff's Annalen, L, S. 438.
3) Helmholtz, Physiol. Optik, S. 418.

n die schwarzen Mittelstücke anstoßenden Sectorenabschnitte von
ener Farbe, z. B. die inneren roth, die äußeren gelb, so er-
bei der Drehung auch der mittlere graue Ring in verschiedenen
arben, nach innen nämlich grünblau, nach außen violett. Dieselbe
ung lässt sich noch in der mannigfachsten Weise variiren: immer
der Contrast da am deutlichsten, wo die Helligkeit oder der
n rasch sich ändert; Contrastwirkungen in entgegengesetztem
ssen sich daher nahe neben einander hervorbringen, wenn man
, oder Farbenton in nahen Abständen in entgegengesetztem Sinne
ern lässt. Auch an Nachbildern lassen sich, wie HERING ge-
, solche Randwirkungen beobachten[1]). Die Nachbilder eignen
n, ähnlich wie die Mischungen an rotirenden Scheiben, wegen
ngen Helligkeits- und Sättigungsgrade, die ihnen, so lange sich
rke Contrastwirkungen geltend machen, zukommen; wir haben
n (S. 526) gesehen, dass für die wech-
Induction zweier Eindrücke mäßige Hellig-
n am günstigsten sind. Erzeugt man
. von zwei nahe bei einander befind-
ellen Scheiben auf dunklerem Grunde
ives Nachbild, so sieht man zwei dunkle
, deren jede von einem hellen Lichthof
ist, und an der Stelle, wo die beiden
sich decken, empfindet man verstärkte
. Das negative Nachbild des in Fig. 137
lten Quadrates besteht aus einem weißen Rechteck rechts und
hwarzen links mit einer durch den Randcontrast erzeugten Grenz-
verstärktem Helligkeitsunterschied. Außerdem aber erscheint das
des schwarzen Querstreifens von intensiverer Helligkeit, indem
Contrast gegen zwei begrenzende dunkle Nachbilder zur Geltung
Verdunkelt man endlich diese Nachbilder noch weiter durch Projec-
einen schwarzen Hintergrund, so wird der weiße Nachbildstreifen
r in seiner Helligkeit gehoben. Alle diese Versuche, die sich man-
variiren lassen, zeigen, dass die Stärke des Contrastes erstens von
lichen Nähe der contrastirenden Eindrücke abhängt, dass sie zwei-
immt mit der Häufung der inducirenden Einflüsse, und dass sie
ür bestimmte mäßige Helligkeitsverhältnisse der Eindrücke günstiger
r andere. Die letztere Bedingung ist auch offenbar die Ursache,



Fig. 137.

---

[1]) ...RING, Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.-naturw. Cl. 3. Abth. LXVI u.
Auch separat erschienen u. d. T.: Zur Lehre vom Lichtsinn. 1.—3. Mit-

dass, wie HERING bemerkte, die Contraste bei Nachbildern in be
Phasen des Abklingens stärker sind als in andern[1].

Während es sich in den vorstehenden Beobachtungen übera
handelte, der inducirenden Wirkung über den Einfluss sonstiger
drücke möglichst das Uebergewicht zu verschaffen, so lassen sich
leicht auch Bedingungen herstellen, bei denen durch geeignete Mo
des Versuchs die unmittelbare Induction ganz zum Verschwinde
oder abwechselnd bald verschwindet bald hervortritt. Klebt man e
Papierstückchen auf eine farbige Glasplatte oder auf ein gefärbte
so erscheint das graue Papier in der Nähe betrachtet oft kaum
Anflug der Contrastfarbe. Ebenso kann in MEYER's Versuch (S. 4
fester Fixation der Grenze beider Objecte die Contrastfarbe der h
farblosen Stelle verschwinden. Begibt man sich dagegen in größ
fernung, damit die scharfe Begrenzung aufhöre, so tritt die
farbe deutlich hervor. Hieran trägt die eintretende Verkleiner
Netzhautbildes nicht die Schuld, wie man sich bei wechselnde
des aufgeklebten Papierstücks leicht überzeugen kann. Demna
in diesem Versuch der Contrast der in Folge des untergelegten s
Papierstücks farblosen Stelle zu ihrer Umgebung offenbar dadu
stärkt, dass das bedeckende durchscheinende Briefpapier zugleich
turen undeutlicher macht. Wenn durch straffes Anziehen d
papieres die Conturen mehr hervortreten, so vermindert sich in
der Contrast, und er hört fast ganz auf, wenn man auf dem Br
welches die farbige Fläche sammt contrastirendem Fleck bede
Grenzlinie um diesen zieht. Bei Betrachtung aus größerer Fe
er aber in allen diesen Fällen wieder hervor, indem hierbei
grenzung undeutlicher wird; und das nämliche tritt ein, we
durch eine Convexlinse die genaue Accommodation unmöglich
Aehnlich können bei den Versuchen am Farbenkreisel schwac
trastwirkungen verschwinden, wenn man die Stellen, an de
die contrastirenden Theile der Scheibe berühren, durch eine L
grenzt, wenn man also in Fig. 135 an den gegen das
Mittelstück gerichteten Sectorenabschnitten schwarze Kreislinie
oder wenn man in Fig. 136 alle einzelnen Sectorenabschnitt
schwarze Kreislinien von einander trennt[3]). Endlich kann der

1) Weitere Versuche, welche den obigen ähnlich sind, siehe bei MACH, Si
der Wiener Akad., LII, S. 303, LIV, S. 393, und Vierteljahrsschr. f. Psych
S. 38.

2) HERING, PFLÜGER's Arch. XLI, S. 12 ff.

3) HELMHOLTZ a. a. O. S. 410; HERING a. a. O. S. 19 ff.

indert oder unter günstigen Umständen ganz aufgehoben werden, zu der inducirenden Farbe die Wirkung eines dem reagirenden seiner Lichtbeschaffenheit völlig gleichen Eindrucks hinzutreten llt man z. B. bei der Ausführung des MEYER'schen Versuchs ein pierstückchen her, welches dem auf der farbigen Unterlage be- Grau, das in der Contrastfarbe erscheint, vollkommen gleich ist, ne plötzliche Abnahme in der Sättigung der Contrastfarbe ein, nes Papierstückchen dicht neben die inducirte Fläche gehalten

die Nachbilderscheinungen bei monocularer Reizung nicht auf das uge beschränkt bleiben, sondern als Reflexempfindungen auf das eizte übergreifen, so lässt sich auch binocularer Contrast n, der in seinen Erscheinungen ganz dem auf einer einzigen erzeugten gleicht, mit dem Unterschiede, dass die inducirende ng dem einen, die inducirte dem andern Auge angehört. Da heinungen mit den sonstigen Functionen des binocularen Sehens Zusammenhange stehen, so werden wir sie an einer späteren Stelle . Hier sei nur hervorgehoben, dass dieselben, entsprechend dem n Charakter des Contrastes, auf centralere Verbindungen zwischen ndenden Flächen beider Augen hinweisen, als die sie begleitenden nwer von ihnen zu trennenden binocularen Nachbilderscheinungen[3]. als die wahrscheinlichen Uebertragungsstellen für die letzteren irncentren betrachten konnten, so werden vielleicht als die Ur- itten der im binocularen Contrast zu Tage tretenden Wechselbe- beider Netzhäute die Großhirnendigungen der Opticusbahnen . 130) anzusprechen sein.

Theorie der Lichtempfindungen hat von den sämmtlichen ngen Rechenschaft zu geben, die wir kennen lernten. Sie hat sondere zu erklären: 1) die subjectiven Beziehungen der Licht- , wie sie in der geschlossenen Gestalt der Farbencurve und in ergang aller Farbentöne ins Farblose ihren Ausdruck finden, lischungsgesetz, welches auf die drei Grundfarben zurückführt, rhältnisse des Verlaufs der Lichterregung, die in den Nachbildern en, und endlich 4) die eigenthümlichen Erscheinungen der virkung gleichzeitiger Lichterregungen, die bei den Contrast- ngen beobachtet werden. Die Lösung dieser theoretischen Auf- in erster Linie eine physiologische, aber da den physiologischen

---

[1] HOLTZ a. a. O. S. 411.
[2] Abschn. III, Cap. XIII.
[3] B. TITCHENER, Phil. Stud. VIII, S. 308 f. Siehe oben S. 517.

Vorgängen in diesem Fall durchgängig bestimmte Bewusstseinsphä
entsprechen, so kann sich auch die Psychologie ihrer Erörterun
entziehen. Die aufgestellten Hypothesen sind jedoch meistens einse
einer der soeben hervorgehobenen vier Gruppen von Erscheinungen
gangen, und es ist daher begreiflich, dass keine derselben zur Er
des ganzen Gebietes vollständig zureicht.

Zunächst hat die subjective Verwandtschaft der beiden Endfarb
Spektrums die Aufmerksamkeit gefesselt, und es wurde daher sch
Newton[1]) diese Verwandtschaft in Analogie gebracht mit der Be
des Grundtons zu seiner Octave, eine Beziehung, welche späterhi
darin eine Stütze zu finden schien, dass die Undulationstheorie
Violett nahezu die doppelte Anzahl Schwingungen annehmen ließ
das Roth[2]). Obgleich nun aber der Versuch, diese Analogie auch
zwischenliegenden Farbenintervalle auszudehnen, nicht durchführba
und überhaupt vermöge der völligen Verschiedenheit der Reizungsv
in beiden Sinnesorganen die nöthige Grundlage einer solchen V
chung fehlt, so lässt sich immerhin nicht bestreiten, dass der Be
jener subjectiven Verwandtschaft der rothen und violetten Farbe
Schwingungsverhältnisse des objectiven Lichtes eine gewisse Wahrh
kommen könnte. Von dem photochemischen Reizungsvorgang, d
voraussetzen, müssen wir jedenfalls annehmen, dass er mit der Annä
an die doppelte Schwingungszahl wieder derjenigen Beschaffenheit
wird, die er bei den längsten Lichtwellen besitzt. Bei der sonstigen
greifenden Verschiedenheit der Ton- und Farbenerregung lässt si
diese eine Analogie zu keinerlei weiteren Schlüssen benutzen.

Um so näher liegt es, zu diesem Zweck gerade auf jene Erschei
zurückzugreifen, in denen die Verschiedenheit der Klang- und
empfindungen vorzugsweise zu Tage tritt, auf die Mischungsers
nungen. Dies geschieht in der Young-Helmholtz'schen Hypothese,
alle Lichtempfindungen auf drei den Grundfarben entsprechende
empfindungen zurückführt. Für das Wesen dieser Hypothese ist es
gültig, ob man die drei Grundempfindungen an die specifische
dreier Nervenfaserclassen oder an verschiedene Elemente der N

1) Newton, Optice, lib. I, pars II.
2) Vgl. S. 483 Anm. 2.
3) Nach Unger (Poggendorff's Annalen, LXXXVII, S. 121) bilden Roth, G
Violett einen dem Duraccord gleichenden consonanten Dreiklang. Die von
(Abhandl. der sächs. Ges. der Wiss., IV, S. 107) ausgeführte Berechnung stim
damit nicht überein, da nach derselben ungefähr die Quarte, welche eine ent
weniger vollkommene Consonanz als die Quinte ist, dem Verhältniss der Contra
entspricht (ebend. S. 119). Dabei hat sich Drobisch außerdem genöthigt geseh
die Analogie zwischen Ton- und Farbenreihe überhaupt herstellen zu können,
hältnisszahlen der Lichtschwingungen auf eine gebrochene Potenz zu erheben.

lich an verschiedene Sehstoffe gebunden denkt. Allen diesen
ıgen ist die Annahme gemeinsam, dass aus nur drei specifisch
enen physiologischen Processen alle Lichtempfindungen entstehen.
man nun an der überall auch im Gebiet der Sinneslehre sich
den Voraussetzung festhält, dass den Differenzen der psychischen
solche der physischen parallel gehen müssen, ist eine solche
an und für sich unmöglich. Die Empfindung Gelb ist keine
von Roth und Grün, Weiß ist keine Mischung von Roth, Grün
tt u. s. w., also ist auch die YOUNG'sche Hypothese mindestens
r gewöhnlich gegebenen Form unhaltbar. Indem diese Hypothese
kalischen Bedingungen, die zur Hervorbringung aller Lichtempfin-
enügen, unmittelbar in physiologische Bedingungen umsetzt, gibt
die subjectiven Eigenschaften der Licht- und Farbenempfindung,
Eigenthümlichkeit der farblosen Empfindung, über die Verwandt-
Anfangs- und Endfarbe des Spektrums, gar keine Rechenschaft.
ass objectives Roth, Grün und Violett zur Erzeugung aller Licht-
genügen, dürfen wir offenbar noch nicht folgern, dass auch nur
iologische Vorgänge bei aller Licht- und Farbenempfindung exi-
ndern wir müssen, da die qualitativen Empfindungen, die durch
objectiven Farben und ihre Mischungen hervorgebracht werden,
nigfaltig sind, im Gegentheil schließen, dass die physiologischen
welche aus den quantitativen Mischungsverhältnissen der drei
ben hervorgehen, qualitativ sehr verschiedener Art sind. Auch
einungen der Farbenblindheit sind nicht in dem Sinne beweis-
ie man geglaubt hat. Die totale Farbenblindheit, wie sie
Weise auf den seitlichsten Theilen, in einzelnen Fällen aber auf
n Netzhaut oder an bestimmten centralen Theilen derselben vor-
st nach der YOUNG'schen Hypothese völlig unverständlich; denn
sich nur eine Anordnung der Nervenfasern, Netzhautelemente
stoffe denken, bei welcher die Beschaffenheit des objectiven
r die Empfindung gleichgültig wird: dies müsste dann geschehen,
r eine Art von Elementen vorhanden wäre. Nun könnte man
higenfalls behaupten, dass ein total Farbenblinder in Wahrheit
weder roth oder grün oder violett sehe; bei der excentrischen
der einseitigen und der circumscripten pathologischen Farben-
, bei denen die Vergleichung mit den normalen Empfindungen
st, lässt jedoch diese Ausflucht im Stich. Auch die Thatsache,
der Roth- oder Grünblindheit ein zwischen Roth oder Grün ge-
Streifen des Spektrums farblos erscheint, und dass in diesen
s weiße Licht weiß und nicht farbig gesehen wird, wie aber-
Fälle monocularer Farbenblindheit zeigen, ist mit der YOUNG'schen

Hypothese unvereinbar. Weiterhin beweisen die Erscheinungen d
tiellen Farbenblindheit, dass eine relative Unempfindlich
einzelne Wellenlängen in jedem Theil des Spektrums vorkomm
und dass von den drei Grundfarben höchstens Roth und allenfa
Grün, keineswegs aber Violett vor den andern Farben sich aus
Dazu kommt, dass selbst bei den gewöhnlichen Roth- und Grü
beträchtliche Verschiedenheiten in der Ausdehnung und Lage
empfundenen Strahlen vorkommen, wie dies die variable Besch
der sogenannten Farbengleichungen bei Farbenblinden einer und
Classe und häufig auch die Lage der neutralen, d. h. relativ ode
farblosen Stelle im Spektrum zeigt. Wenn immerhin, in diesem
maßen variablen Sinne genommen, Roth- und Grünblindheit th
isolirt, theils beide vereinigt ein Uebergewicht erkennen lassen,
dies vielleicht damit in Zusammenhang, dass im Roth ein absol
Grün ein relatives Minimum der Unterschiedsempfindlichkeit v
ist, und dass beide verhältnissmäßig breite Strecken im Dis
spektrum einnehmen. Ueberdies spielt bei dieser Bevorzugung
die Neigung, an Stelle der Uebergangsfarben die Namen der nächst
Hauptfarben zu wählen, eine täuschende Rolle. Es ist sehr zw
ob z. B. die Grünblindheit wirklich die ihr zugeschriebene Bedeu
säße, wenn man sich nicht gewöhnt hätte, Gelbgrün und Blaugr
falls Grün zu nennen [1]).

Indem Hering dem Hauptmangel der Young-Helmholtz'schen H
dass dieselbe das Zustandekommen der meisten von den Grundfa
schiedenen Empfindungen überhaupt nicht erklärt, abzuhelfen
stellte er eine neue Hypothese auf, welche gleichzeitig den su
Bedingungen der Empfindung und den Forderungen des Mischung
gerecht werden sollte. Diese Hypothese bringt zunächst die vi
bezeichneten Hauptfarben, Roth, Gelb, Grün und Blau, zur
indem sie annimmt, je zwei am Farbenkreis einander gegenüber
dieser Farben, also einerseits dem Roth und Grün, anderseits d
und Blau, und außerdem dem Schwarz und Weiß, welche ähnli
litative Gegensätze sein sollen, entspreche ein specifischer Seh
jedem dieser Sehstoffe sollen dann wieder zwei entgegengesetzte

1) Vgl. hierzu meine näheren Ausführungen Phil. Stud. IV, S. 328 ff.

2) Ich darf wohl bemerken, dass dieser Mangel schon vor dem Ersch
Hering'schen Arbeiten in der ersten Auflage dieses Werkes (S. 388) herv
wurde. Zugleich habe ich damals schon, von der Voraussetzung ausgeh
gleichen Empfindungen gleiche und verschiedenen verschiedene Nervenpr
Grunde liegen, den Versuch gemacht, eine Theorie der Lichtempfindunge
wickeln, welche von der unten vorgetragenen nur in dem einen Punkte
dass in jener die farblose Erregung noch als die Resultante einander entgegen
Processe betrachtet wurde.

en, den Gegensätzen von Weiß und Schwarz, Gelb und Blau,
l Grün entsprechend. Entgegengesetzte farbige Erregungen sollen
ch aufheben, so dass allein eine farblose Erregung, welche alle
Processe begleitet, bestehen bleibt; nur Weiß und Schwarz sollen
sen eine mittlere Empfindung, das Grau, hervorbringen [1]). Indem
Weise die Hypothese Hering's, deren Anwendung auf die Nach-
nd Contrasterscheinungen sich leicht übersehen lässt, die aus ver-
en Bedürfnissen hervorgegangenen Begriffe der Hauptfarben und
ndfarben einander gleichsetzt, geräth sie zunächst in Conflict mit
tsachen des Mischungsgesetzes. Nicht Roth und Grün, sondern
und Grün sind einander complementär; niemals lassen sich aus
Hauptfarben alle Farbenempfindungen herstellen, sondern das
Violett ist auf diesem Wege nicht hervorzubringen; anderseits
n das spektrale Gelb annähernd aus Roth und Grün erzeugen.
hblindheit müsste ferner zugleich Grünblindheit, jede Blau- zu-
elbblindheit sein, während doch in Wirklichkeit beide getrennt
nder vorkommen können. Ueberdies gilt das oben hinsichtlich
ommens der Unempfindlichkeit für alle möglichen Wellenlängen
auch gegenüber dieser Theorie. Darin jedoch wird man der
Recht geben müssen, dass aus der Mischung irgend welcher
empfindungen niemals die Empfindung des Farblosen abgeleitet
kann, und dass also diese höchst wahrscheinlich von physiolo-
Processen eigenthümlicher Art begleitet sein wird.
der That findet nun diese Forderung, abgesehen von dem allge-
Princip, welches für jeden specifisch verschiedenen Empfindungs-
eine entsprechende physische Unterlage verlangt, vor allem schon
Thatsachen des normalen Sehens ihre Stütze: erstens in der bereits
hobenen totalen Farbenblindheit der seitlichsten Theile der Netzhaut,
itens in der Eigenschaft jeder Farbenempfindung bei hinreichender
Zunahme der Reizstärke in eine farblose Empfindung überzugehen
ihr zu nähern. Insbesondere die letztere Erscheinung nöthigt uns
setzen, dass der physiologische Vorgang der farblosen Lichterregung
t bei jeder Lichtreizung vorhanden sei, und dass sich derselbe
r besonderen Bedingungen, bei Beschränkung des Reizes auf be-
Wellenlängen und auf gewisse mittlere Intensitäten, zugleich mit
igen Lichtreizung verbinde. Die farblose Lichtempfindung gleicht
Beziehung der Geräuschempfindung; nur ist die letztere wegen
ysirenden Fähigkeit des Ohres stets unmittelbar als eine von dem

[1]) ...ring, Zur Lehre vom Lichtsinn, 4. und 5. Mittheilurg. Ueber spätere Zusätze
Theorie vgl. Wiener Sitzungsber., 3, XCVIII, 1889.

Klang verschiedene Empfindung wahrzunehmen. Doch besteht eine
Analogie beider darin, dass auch die Farbenempfindung höchs
scheinlich Product einer Entwicklung ist, indem die unvollkom
Sehorgane wohl nur zur Unterscheidung von Helligkeitsgraden
sind, ebenso wie auch den seitlichsten Regionen der menschlich
haut die Farbenempfindung fehlt.

Für die Theorie der farbigen Lichterregung kommt nun, bei
geringen directen Kenntniss der Netzhautvorgänge, hauptsächlich
Verwandtschaft der Anfangs- und Endfarbe des Spektrums un
ebenfalls aus der Empfindung bekannte Thatsache in Betracht,
zwei Wellenlängen von hinreichender Verschiedenheit sich in B
die farbige Erregung compensiren, so dass nur die alle Lichtr
begleitende farblose Erregung zurückbleibt. Beide Thatsachen las
insofern in einen gewissen Zusammenhang bringen, als aus der
tiven Verwandtschaft von Roth und Violett auf die Aehnlichkeit
sprechenden Erregungsvorgänge zu schließen ist, und als daher v
herein erwartet werden muss, dass diejenigen Wellenlängen, die
Bezug auf farbige Erregung compensiren, in der nach der su
Verwandtschaft der Farben entworfenen geschlossenen Farbenlin
maximalen Entfernung der Empfindungen entsprechen werden.
man hierzu die weitere Thatsache, dass verschiedene Wellenlän
geringerer Schwingungsdifferenz zusammen eine Lichterregung von
Beschaffenheit wie die zwischen ihnen liegende einfache Wellenlä
vorbringen, so folgt daraus ohne weiteres das Mischungsgesetz.

Fragt man nun aber ferner, ob diese Data dazu nöthigen, in äl
Sinne eine Mehrheit specifisch verschiedener Erregungsprocesse v
setzen, wie die farblose Lichterregung als eine von der chromatisc
schiedene, wenn auch im allgemeinen mit ihr verbundene anzue
ist, so muss diese Frage, wie ich glaube, mit n e i n beantwortet
Das M i s c h u n g s g e s e t z ist, wie schon angedeutet wurde, vollstä
der jedenfalls nächstliegenden Annahme vereinbar, dass die chro
Reizung eine in sehr kleinen, für uns nicht näher nachzuweisend
s t u f u n g e n veränderliche Function der Wellenlänge des objectiven
und dass mit jeder chromatischen zugleich eine achromatische
verbunden sei. Auch die Erscheinungen der F a r b e n b l i n d h e
sich durchaus dieser Voraussetzung, während sie aus der Annal
drei oder vier Grundempfindungen thatsächlich n i c h t erklärt
können und daher nur dadurch s c h e i n b a r erklärt zu werden
dass man gewisse Hauptformen allein berücksichtigt und alle
entweder vernachlässigt oder auf nebenhergehende Modificationen
malen Farbenempfindlichkeit (z. B. auf sogenannte »unvollkomm

∗) zurückführt. Ebenso wenig lässt sich aus der Unterscheidung
Hauptfarben ein Argument für die Existenz specifisch ver-
r Sehstoffe oder Erregungsprocesse entnehmen. Gehen wir da-
dass die Hauptfarben diejenigen Farbenpaare sind, deren sub-
erschiedenheit ein Maximum ist, so wird die relative Lage der-
bermals durch die Verwandtschaft der beiden Endfarben des
s bestimmt, während auf ihre absolute Lage ursprünglich gewisse
hauungen und dann die an diese sich anlehnenden Bezeichnungen
he einen wesentlichen Einfluss ausgeübt haben (vgl. oben S. 487 f.).
ir uns daran gewöhnt Purpur und Orange als Hauptfarben anzu-
würde Niemand sich bedenken dem Roth die Rolle einer Zwischen-
ischen beiden zuzuschreiben. Die Maler, welche aus blauen und
igmenten das Grün mischen, sind geneigt letzteres als eine
farbe anzusehen, während die Physiologen in ihm eine Haupt-
kennen. Der Begriff der Hauptfarbe hat also nur insofern eine
g, als er gewisse relative Unterschiedsmaxima inner-
in sich geschlossenen Farbencurve andeutet. Mit den comple-
Farben fallen dieselben zwar nahezu, aber nicht vollständig
n, und zwar findet die Abweichung stets in dem Sinne statt,
Complementärfarben etwas weiter als die einander entgegenge-
Hauptfarben von einander entfernt sind. Wahrscheinlich wird
weichung ebenfalls durch jenen Einfluss bestimmter Naturob-
anlasst, welcher die Wahl der vier Hauptfarben bestimmt hat.
ist nicht zu übersehen, dass das subjective Maß der Unterschiede
Lichtempfindung ein sehr unsicheres ist. Schwerlich möchte in
Jemand im Stande sein zu entscheiden, ob Purpur und Grün
verschiedener seien als Roth und Grün. Um so weniger sind
chtigt, die bei der Farbenmischung in Bezug auf die compen-
Wirkung der Farben erhaltenen Resultate durch die conventio-
er Hauptfarben zu berichtigen.

Grundzüge der hier entwickelten Theorie, welche im Gegensatze
beiden vorhin erörterten Componententheorien (der Young-
z'schen und der Hering'schen) als Stufentheorie oder auch als
citätstheorie bezeichnet werden kann, lassen sich hiernach
den Sätzen festhalten: 1) Abgesehen von jeder äußeren Licht-
und von allen dieser äquivalent wirkenden Reizen, wie Druck,
ät u. dgl., befindet sich die Netzhaut in dem Zustande einer
Dauererregung, welche als constant vorausgesetzt werden
hr entspricht die Empfindung des Schwarz, welche theils die
e begleitet und dann den qualitativen Eindruck des größeren oder
n Dunkels bestimmt, theils bei dem Wegfall anderer Reize

allein zurückbleibt. 2) Durch jede äußere Netzhauterregung werd
verschiedene Reizungsvorgänge ausgelöst, ein chromatischer
achromatischer. Die chromatische Reizung ist eine Function der
länge des Lichtes und der Amplitude der Schwingungen; mit der
länge ändert sich der Farbenton, mit der Amplitude die Sät
der Farbenempfindung. Die achromatische Reizung ist hauptsäch
der Amplitude der Schwingungen, in geringerem Grade aber a
ebenfalls von der Wellenlänge abhängig, indem sie, auf gleiche
Energiewerthe bezogen, zuerst von Roth bis Grün zu- und dan
das Ende des Spektrums abnimmt. 3) Bei einer und derselben
länge folgen beide Erregungen, die chromatische und die achro
bei wachsender Lichtstärke verschiedenen Gesetzen, indem di
matische Erregung schon bei schwächeren Reizen beginnt und
die chromatische Reizung an Intensität übertrifft. Bei mittleren Li
nimmt sodann die relative Stärke der chromatischen Erregung zu
den intensivsten abermals der achromatischen das Uebergewicht z
4) Die chromatische Erregung besteht in einem multiforme
chemischen Vorgang, der mit der Wellenlänge stufenweise ver
ist, indem er zugleich eine annähernd periodische Function der
länge darstellt, da die äußersten Unterschiede der letzteren einan
liche Wirkungen hervorbringen, während die Wirkungen gewisser z
liegender Unterschiede in der Weise entgegengesetzt sind, dass
analog wie entgegengesetzte Phasen eines Bewegungsvorganges, v
compensiren können. Die achromatische Erregung besteht
uniformen photochemischen Vorgang, der sich bei wechselnder We
in seiner Intensität, nicht aber in seiner sonstigen Beschaffenhei
kann, und der in seinen Abstufungen überall den Veränderungen d
stärke parallel geht. 5) Jeder photochemische Erregungsvorga
dauert eine gewisse Zeit die Reizung und erschöpft die Erregba
Sinnessubstanz für den stattgefundenen Reiz. Aus der unmi
Nachwirkung der Reizung erklärt sich das positive und gleichfar
der Erschöpfuug das negative und complementäre Nachbild. 6) N
dauernder Lichtreizung zeigen diese entgegengesetzten Processe
den allgemeinen Gesetzen der Nervenerregung, einen oscillirenden
indem der die Erholung begleitende Vorgang eine neue der u
lichen gleiche Erregung erzeugt, die dann abermals Ermüdung
ruft, u. s. w. Aus diesem periodisch wechselnden Ueberwiegen
müdungs- und Erholungsvorgänge erklärt sich das oscillatoris
klingen der Nachbilder. 7) Die Geschwindigkeit, mit der die chr
Erregung nach einem momentanen Reize ansteigt und wieder
mit der Wellenlänge stetig veränderlich, indem bei den brec

ie Erregung langsamer ansteigt, im ganzen aber auch langsamer
onimmt als bei den minder brechbaren. Hieraus erklärt sich der
wissen Bedingungen zu beobachtende Farbenwechsel beim Ab-
er Nachbilder.

in Fig. 138 gegebene graphische Darstellung erläutert die hier
etzte allgemeine Abhängigkeit der beiden Erregungsvorgänge von
ingungsamplitude. Die wachsenden Größen der letzteren bei
ner monochromatischen Reizung werden durch die auf $a\,x$ ab-
en Abscissen versinnlicht. Wir setzen der Einfachheit wegen
lie achromatische Erregung wachse von der Reizschwelle b an
hal der Lichtstärke, sie werde also durch die Gerade bw darge-
Dann liegt
da die
en Reize
lose Erre-
rursachen,
velle der
chen Rei-
einer etwas
Lichtstärke
a an wird
re Wachs-
chromati-
zung durch
e cr dar-
lie anfangs
ell ansteigt,
bald einem
zustrebt,

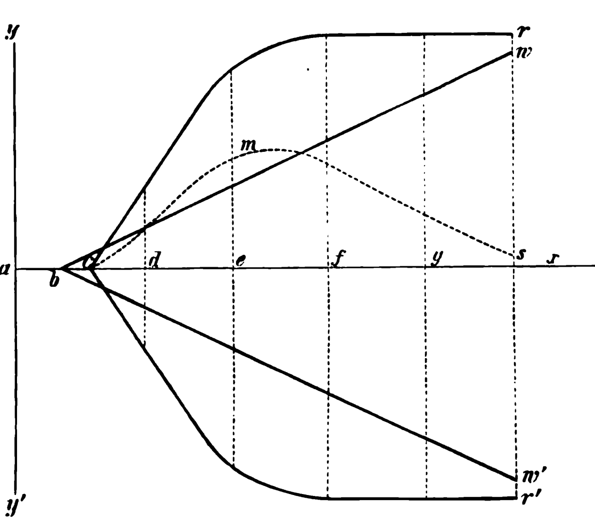


Fig. 138.

an sie, bei fortan wachsender achromatischer Reizung, etwa der
linie parallel bleibt. Die Abhängigkeit der Sättigung von der Reiz-
ndet demzufolge in der unterbrochen gezeichneten Curve $c\,m\,s$
sdruck, welche von Null ansteigt, bei m ihren Höhepunkt er-
n wo an sie wieder sinkt, um bei den größten Lichtstärken aber-
n Werthe Null nahezukommen. Denkt man sich nun weiterhin
ssenlinie $a\,x$ als die Axe eines Polarcoordinatensystems im Raume,
an sich die Ebene $a\,y\,x$ um $a\,x$ als Axe gedreht denkt, und lässt
Drehungswinkel mit den Wellenlängen des monochromatischen
unehmen, so erhält man zwei Scharen von Curven $b\,w$ und $c\,r$,
der Drehung um 360° zwei Kegeloberflächen bilden würden,
rticale Durchschnitte das Dreieck $b\,w\,w'$ und das Curvenpaar $c\,r\,r'$

darstellen. Auf einem zur Axe ax senkrechten Querdurchschn
der zu bww' gehörige Kegel nur gleichförmig farbloses Licht,
das hellste, bei b das dunkelste Weiß enthalten, der Gleichförmig
achromatischen Reizung bei verschiedenen Wellenlängen entspr
der Kegel crr' dagegen wird auf seinem Querdurchschnitt ein
kreis sein, in welchem die Farben in der in Fig. 127 (S. 186) darg
Reihenfolge und in solchem Abstande auf einander folgen, dass
mentäre Farben einen Winkel von 180° mit einander bilden. Ange
z. B., bw und cr bezeichneten die beiden Componenten der Reizur
rothes Licht, so würden bw' und cr' die entsprechenden Comp
für Grünblau bedeuten. Wirken beide in gleicher Stärke, so
nun bw und bw' als gleichartige Componenten sich addiren, cr
aber als entgegengesetzte sich aufheben, so dass bloß eine farb
regung zurückbleibt. Selbstverständlich muss übrigens auch hier
das Intervall zwischen Roth und Violett durch die Mischung dies
farben ausgefüllt werden, wenn man die volle Periode von 360°
will [1]).

Nur ein Gebiet von Erscheinungen bedarf außer diesen Ar
noch weiterer Voraussetzungen: die Contrasterscheinunge
ihnen weisen zahlreiche Thatsachen darauf hin, dass sie aus den Err
vorgängen in den peripherischen Sinnesapparaten nicht vollständi
werden können. Gleichwohl hat es auch hier an solchen Versuch
gefehlt, da sie als der nächstliegende Weg erschienen, den Con
den Rahmen der sonstigen Gesetze der Lichtempfindungen ein
Demgemäß nahmen Plateau und in neuerer Zeit Hering an, jede
einer Netzhautstelle setze in den benachbarten Netzhauttheilen
regbarkeit für den gleichen Reiz herab und veranlasse zugleic
entgegengesetzten Erregungsvorgang. Man betrachtete also den
als eine Art Irradiationserscheinung. Diese Auffassung lässt ab
Menge eigenthümlicher Veränderungen der Contrastphänomene,
oben kennen lernten, völlig unerklärt, und außerdem steht sie
Thatsachen in Widerspruch. Namentlich müsste man, wenn eine d
antagonistische Irradiation der Reizung stattfände, erwarten, dass s
der Intensität des inducirenden Reizes die Stärke der Contrast
zunehme. Dies ist aber, wie wir erfahren haben, durchaus n
Fall, sondern es ist im Gegentheil der Contrast von dem Verh
der auf einander wirkenden Objecte abhängig, so dass z. B. ein
von geringer Helligkeit dann den stärksten Contrasteinfluss erfährt

1) Vgl. zu dem Vorangegangenen meine Abhandlung: Die Empfindung d
und der Farben, Phil. Stud. IV, S. 311 ff.

· inducirende Reiz von geringer Helligkeit ist. Wäre ferner die
nserklärung richtig, so müsste, wenn man an der rotirenden
(Fig. 135) die äußern und innern Sectoren von complementärem
n, also z. B. die einen purpur, die andern grün, wählt, der
Ring ebenso grau erscheinen wie beim Hinwegfallen der indu-
Farben. Letzteres ist aber nicht der Fall, sondern entweder
lie Contrastfarben als getrennte farbige Ringe sichtbar, die un-
an einander stoßen, oder, wenn man den grauen Ring sehr
immt, so greifen die Contrastfarben über einander, während der
bst bald farblos bald schwach gefärbt, immer aber zugleich
ichtig erscheint, so als wenn die eine Farbe in der andern ge-
vürde [1]).
sich sonach eine physiologische Ableitung aus den Verhältnissen
hauterregung bei einer unbefangenen Prüfung der Contraster-
gen als unzulässig erweist, so nahm HELMHOLTZ zu einer psycho-
oder vielmehr logischen Erklärung seine Zuflucht und fasste sie
eilstäuschungen auf. Nach dieser Ansicht soll nicht die
ng selbst, sondern nur das Urtheil über die Empfindungen
n Contrast verändert werden. Nun lehren aber die Contraster-
gen, dass wir ein absolutes Maß bei unserer Empfindung der
itäten gar nicht besitzen, und dass es also auch weder eine ab-
tige noch überhaupt eine für einen gegebenen Reiz bei gleicher
it der gereizten Stelle absolut constante Empfindung gibt. Farben
igkeiten empfinden wir zunächst nur in Relation zu einander.
enton erscheint um so gesättigter, in je größerem Gegensatz er
andern Farbeneindrücken befindet. Die relativ größte Sättigung
aher dann, wenn er im Verhältniss zu seiner Contrastfarbe be-
ird. Den geringsten Sättigungsgrad, d. h. das weiße Licht, em-
vir, falls gleichzeitig andere Farbeneindrücke stattfinden, immer
einem gewissen Grade der Sättigung, also in der Contrastfarbe

[1]) nit man bei der Trennung der inducirenden Farben durch einen schmalen
inigen mm Breite diese Erscheinungen deutlich erhalte, wählt man am besten
en Helligkeiten so, dass möglichst wenig Helligkeitscontrast entsteht. Nimmt
z. B. außen Purpur, innen Grün, so erscheint durch das Uebergreifen der
rkungen der graue Ring außen von einem tief purpurrothen, innen von
grünen Ring begrenzt. Zwischen diesen beiden Stellen, wo die Contrast-
durch die primären Farben verstärkt werden, also an der Stelle des schmalen
nges selber, sieht man bald Weiß, bald blasses Lila oder Grün oder auch
inander stoßend, unter allen Umständen aber erscheint dieser mittlere Ring
so als wenn ein blasses Band hinter einer Oberfläche von hellem Purpur
ürde. Vgl. SCHMERLER, Phil. Stud. I, S. 397. Es wird später (in Cap. XIII)
rden, dass es sich überall, wo die Erscheinungen der Spiegelung auftreten,
r um einfache Mischung von Erregungen handelt, sondern dass in solchen
s centralere Vorgänge in Frage kommen.

zu jenen gleichzeitigen Eindrücken. Ebenso ist die subjective I
eines Eindruckes um so größer, in je größerem Gegensatze sie zu
keit anderer Eindrücke steht; die relativ größte Helligkeit erreich
die Empfindung dann, wenn sie im Verhältniss zum absoluten Du
stimmt wird. Da nun die Sättigung einer Farbe zugleich Func
Helligkeit ist, indem sie sich von einem Maximalwerth der Sätt
sowohl mit zunehmender wie mit abnehmender Helligkeit vermin
ist es klar, dass auch die Wechselbeziehung der Farbeneindrü
dem Verhältniss ihrer Helligkeiten und Sättigungsgrade abhängig se
wie dies in der That die Erfahrung bestätigt. Neben dieser W
beziehung der gleichzeitig gegebenen Eindrücke übt aber allerdi
die Erinnernng ihren Einfluss auf die Vergleichung der Empf
aus. Wo das erste Moment ganz fehlt, da wird dann bloß na
letzteren, mittelst der Reproduction früherer Eindrücke, eine Em
in die Reihe der bekannten Empfindungen geordnet; und sie ka
leicht einen mitbestimmenden Einfluss selbst da noch äußern, wo
Eindrücke in gleichzeitiger Gegenwirkung gegeben sind. Aber d
der Sache nach ist die Abhängigkeit der Empfindung von der
seitigen Beziehung gleichzeitiger Reize das Primäre, die Bezieh
früher stattgehabte Empfindungen ein Secundäres. Jene The
Contrasterscheinungen, welche dieselben auf eine Urtheilstäusch
rückführt, begeht also, abgesehen von der hier unangemessenen
Ausdrucksweise, den Fehler, dass sie den wahren Zusammenh
Dinge umkehrt, indem sie das Spätere, die immer unvollkommen b
absolute Bestimmung der Empfindungen mittels der Reproduction
zum Ursprünglichen macht. Dass im Gegentheil die Wechselb
der Eindrücke, wie sie in den Contrasterscheinungen zu Tage t
Ursprüngliche ist, geht auch klar genug aus der näheren Betrachtu
Fälle hervor, in denen der Contrast mit Hülfe weiterer hinzutrete
dingungen vermindert oder beseitigt wird. Der Contrast erschein
da, wo die contrastirenden Empfindungen möglichst in ihrer Bezi
einander aufgefasst werden, wogegen er unterdrückt werden kan
man durch starre Fixation oder durch Umgrenzungslinien diese B
aufhebt.

Da jede Empfindung nach Intensität und Qualität verände
so bezeugen die Contrasterscheinungen an und für sich nur die T
dass die Intensität und die Qualität der Lichtempfindung stets
hältniss zu denjenigen Eindrücken festgestellt werden, die gleichz
andere Stellen derselben Netzhaut einwirken. Sie lehren, dass all
eindrücke in Beziehung zu einander empfunden werd
welcher Weise aber die simultanen Eindrücke sich quantitati

bestimmen, dies lässt sich am einfachsten bei den Helligkeitscon-
rmitteln. An einer Scheibe wie der in Fig. 136 S. 526 abgebil-
nn man in doppelter Weise die Helligkeit der einzelnen bei der
gesehenen grauen Ringe variiren: man kann entweder das Ver-
der Helligkeiten der verschiedenen Ringe zu einander verändern,
n kann dieses Verhältniss constant erhalten, aber die absolute
abstufen. Ersteres geschieht dadurch, dass den verschiedenen
ıbschnitten in verschiedenen Versuchen ein wechselndes Verhält-
Breite gegeben wird. Man findet, dass damit auch die Stärke
rastes bedeutend wechselt. Das zweite, die Variation der abso-
lligkeit bei constant erhaltenem Helligkeitsverhältniss, lässt sich
indem man immer dieselbe Scheibe mit den nämlichen Sectoren
e aber während der Rotation mit mehr oder weniger intensivem
eleuchtet, oder aber sie durch graue Gläser betrachtet und so die
Helligkeit aller grauen Ringe gleichmäßig vermindert. Auf diese
ndet sich, dass bei gleich bleibendem Helligkeitsverhältniss der
renden Objecte die absolute Helligkeit innerhalb ziemlich weiter
variirt werden kann, ohne dass sich die Stärke des Contrastes
t. Erst bei starker Verdunkelung der Scheibe oder bei starker
ıng schwindet der Contrast allmählich. Man erkennt hieraus, dass
n Fällen der Helligkeitscontrast einen Specialfall des
schen Gesetzes darstellt. Ebenso wird dies durch die oben
.) erwähnten quantitativen Contrastversuche für den Helligkeits-
wahrscheinlich gemacht. Nicht minder weisen aber die Er-
gen des Farbencontrastes trotz ihrer verwickelteren Bedingungen
nämliche Gesetzmäßigkeit hin [1]). So begegnet uns in der in den
erscheinungen ihren Ausdruck findenden directen Wechselbeziehung
ofindungen eine letzte Anwendung des für die Auffassung der
ıngen gültigen allgemeinen Gesetzes der Beziehung (S. 393).
Gebiete des Lichtsinns werden wir aber voraussetzen müssen,
ses Gesetz eine psychologische und eine physiologische
t. Daraus, dass die Contrasterscheinungen einen psychologischen
zulassen, werden wir jedoch zugleich schließen dürfen, dass
iologischen Grundlagen derselben centraler Natur sind, indem
maßlich aus jener Wechselwirkung des Organs der Apperception
Sinnescentrum hervorgehen, auf die überhaupt das Gesetz der
g vermöge seiner psychologischen Bedeutung hinweist [2]).

[1]) Kirschmann, Phil. Stud. VI, S. 462 ff.
[2]) l. hierzu Cap. VIII, S. 398 ff.

zu jenen gleichzeitigen Eindrücken. Ebenso ist die subjective l
eines Eindruckes um so größer, in je größerem Gegensatze sie zu
keit anderer Eindrücke steht; die relativ größte Helligkeit erreic
die Empfindung dann, wenn sie im Verhältniss zum absoluten Du
stimmt wird. Da nun die Sättigung einer Farbe zugleich Fun
Helligkeit ist, indem sie sich von einem Maximalwerth der Sätt
sowohl mit zunehmender wie mit abnehmender Helligkeit vermi
ist es klar, dass auch die Wechselbeziehung der Farbeneindrü
dem Verhältniss ihrer Helligkeiten und Sättigungsgrade abhängig s
wie dies in der That die Erfahrung bestätigt. Neben dieser
beziehung der gleichzeitig gegebenen Eindrücke übt aber allerdi
die Erinnernng ihren Einfluss auf die Vergleichung der Empf
aus. Wo das erste Moment ganz fehlt, da wird dann bloß n
letzteren, mittelst der Reproduction früherer Eindrücke, eine Em
in die Reihe der bekannten Empfindungen geordnet; und sie k
leicht einen mitbestimmenden Einfluss selbst da noch äußern, wo
Eindrücke in gleichzeitiger Gegenwirkung gegeben sind. Aber d
der Sache nach ist die Abhängigkeit der Empfindung von der
seitigen Beziehung gleichzeitiger Reize das Primäre, die Bezieh
früher stattgehabte Empfindungen ein Secundäres. Jene The
Contrasterscheinungen, welche dieselben auf eine Urtheilstäusch
rückführt, begeht also, abgesehen von der hier unangemessenen
Ausdrucksweise, den Fehler, dass sie den wahren Zusammenh
Dinge umkehrt, indem sie das Spätere, die immer unvollkommen b
absolute Bestimmung der Empfindungen mittels der Reproduction
zum Ursprünglichen macht. Dass im Gegentheil die Wechselb
der Eindrücke, wie sie in den Contrasterscheinungen zu Tage t
Ursprüngliche ist, geht auch klar genug aus der näheren Betrachtu
Fälle hervor, in denen der Contrast mit Hülfe weiterer hinzutrete
dingungen vermindert oder beseitigt wird. Der Contrast erschein
da, wo die contrastirenden Empfindungen möglichst in ihrer Bezi
einander aufgefasst werden, wogegen er unterdrückt werden kan
man durch starre Fixation oder durch Umgrenzungslinien diese B
aufhebt.

Da jede Empfindung nach Intensität und Qualität verände
so bezeugen die Contrasterscheinungen an und für sich nur die T
dass die Intensität und die Qualität der Lichtempfindung stets
hältniss zu denjenigen Eindrücken festgestellt werden, die gleich
andere Stellen derselben Netzhaut einwirken. Sie lehren, dass all
eindrücke in Beziehung zu einander empfunden werd
welcher Weise aber die simultanen Eindrücke sich quantitati



bestimmen, dies lässt sich am einfachsten bei den Helligkeitscon-
ermitteln. An einer Scheibe wie der in Fig. 136 S. 526 abgebil-
inn man in doppelter Weise die Helligkeit der einzelnen bei der
gesehenen grauen Ringe variiren: man kann entweder das Ver-
der Helligkeiten der verschiedenen Ringe zu einander verändern,
n kann dieses Verhältniss constant erhalten, aber die absolute
t abstufen. Ersteres geschieht dadurch, dass den verschiedenen
abschnitten in verschiedenen Versuchen ein wechselndes Verhält-
Breite gegeben wird. Man findet, dass damit auch die Stärke
rastes bedeutend wechselt. Das zweite, die Variation der abso-
elligkeit bei constant erhaltenem Helligkeitsverhältniss, lässt sich
indem man immer dieselbe Scheibe mit den nämlichen Sectoren
ie aber während der Rotation mit mehr oder weniger intensivem
eleuchtet, oder aber sie durch graue Gläser betrachtet und so die
Helligkeit aller grauen Ringe gleichmäßig vermindert. Auf diese
ndet sich, dass bei gleich bleibendem Helligkeitsverhältniss der
renden Objecte die absolute Helligkeit innerhalb ziemlich weiter
variirt werden kann, ohne dass sich die Stärke des Contrastes
t. Erst bei starker Verdunkelung der Scheibe oder bei starker
ung schwindet der Contrast allmählich. Man erkennt hieraus, dass
n Fällen der Helligkeitscontrast einen Specialfall des
schen Gesetzes darstellt. Ebenso wird dies durch die oben
.) erwähnten quantitativen Contrastversuche für den Helligkeits-
wahrscheinlich gemacht. Nicht minder weisen aber die Er-
gen des Farbencontrastes trotz ihrer verwickelteren Bedingungen
nämliche Gesetzmäßigkeit hin [1]). So begegnet uns in der in den
erscheinungen ihren Ausdruck findenden directen Wechselbeziehung
pfindungen eine letzte Anwendung des für die Auffassung der
ungen gültigen allgemeinen Gesetzes der Beziehung (S. 393).
Gebiete des Lichtsinns werden wir aber voraussetzen müssen,
eses Gesetz eine psychologische und eine physiologische
t. Daraus, dass die Contrasterscheinungen einen psychologischen
k zulassen, werden wir jedoch zugleich schließen dürfen, dass
siologischen Grundlagen derselben centraler Natur sind, indem
maßlich aus jener Wechselwirkung des Organs der Apperception
Sinnescentrum hervorgehen, auf die überhaupt das Gesetz der
ng vermöge seiner psychologischen Bedeutung hinweist [2]).

Kirschmann, Phil. Stud. VI, S. 462 ff.
l. hierzu Cap. VIII, S. 398 ff.

dass man den Contrast zu Hülfe nimmt. Betrachtet man z. B. ei
einen farbigen Kreis auf complementärem Grunde, so wird bei der
des Nachbildes auf eine farblose Fläche jenes sehr deutlich wahrgenom
Erzeugung intensiverer complementärfarbiger Nachbilder gelingt leicht
in Fig. 140 dargestellten Apparate. Derselbe besteht aus einem h
oben offenen Kasten, der vorn einen kreisförmigen Ausschnitt von 2
Durchmesser hat, in welchen Ausschnitt eine Mattglasplatte *M* eingefüg
geschwärzte Außenseite des Kastens wird vorn im Umkreis der Mat
mit durchscheinendem weißem Papier bedeckt, so dass die Platte in
dunkelten Raum, in dem die Versuche anzustellen sind, weiß au
Grunde erscheint. Unmittelbar hinter der Mattglasplatte befinden sich
des Kastens zwei Schlitten: ein vorderer, in welchem der geschwär
mit Blei beschwerte Schieber *S* läuft, und ein hinter diesem gelegen
eine farbige Glasplatte *G* eingeführt werden kann. In weiterer Entfe
findet sich noch im Innern des Kastens die mit Argandbrenner verseh
lampe *L* mit dem weiß angestrichenen etwas concaven Schirm *C*, der
der Flamme gegen *M* reflectirt. Bei Anstellung der Versuche setzt n
die farbige Platte *G* bei herabgelassenem Schirm ein, dann wird *S* p
die Höhe gezogen, wodurch *M*, welches starr zu fixiren ist, intensiv in
Lichte erscheint. Ist die zur Erzeugung des complementären Nach
forderliche Zeit verflossen, so lässt man durch Zug an der den S
festhaltenden Feder *F* diesen plötzlich herabfallen: es erscheint dann de
dessen Licht jetzt objectiv eine Mischung aus dem Weiß der Mattglas
dem Schwarz des Schiebers, also grau ist, sehr intensiv in der zu
angegangenen Eindruck complementären Farbe.

Unter den oben besprochenen Theorien der Licht- und
empfindung ist die von Thomas Young begründete, von Helmho
ausgebildete Dreicomponententheorie ohne Zweifel als eine c
quentesten Anwendungen der Lehre von den specifischen Energien anzu
Die physiologische und psychologische Unzulänglichkeit dieser Lehre
bei ihr in besonders augenfälliger Weise zu Tage. Genauer betrachte
Theorie lediglich ein Ausdruck des Mischungsgesetzes; alle sonstig
gungen bleiben außer Betracht. Auch das Mischungsgesetz wird a
sie nicht erklärt; denn warum aus den drei Grundfarben alle Li
dungen, z. B. Weiß, zusammengesetzt werden können, wird durch
nahme von drei Fasergattungen nicht im mindesten begreiflich gem
neueren physiologisch-optischen Arbeiten, in denen das System der dr
empfindungen beibehalten wurde, beschränken sich daher meist auf
sikalische Seite der Frage, wo dann freilich der Nachweis genügt
drei Grundfarben als objective Lichtreize alle möglichen subjectiven Li
dungen hervorbringen können [1]). Dem Princip des Parallelismus der
gischen Sinneserregungen und der Empfindungen wird zwar hier
drücklich widersprochen, aber dasselbe wird doch stillschweig
anerkannt. Ich habe schon in der ersten Auflage des vorliegende
betont, dass dieses Princip zum Ausgangspunkt aller theoretischen Er
dienen müsse, und, nachdem ein Jahr später Hering das nämliche P

1) Vgl. König und Dieterici, Die Grundempfindungen und ihre Intensi
ng im Spektrum. Sitzungsber. der Berliner Akad. 29. Juli 1886.

seiner Theorie gemacht, ist es allmählich auch von solchen Forschern, igen an der YOUNG-HELMHOLTZ'schen Hypothese festhalten, insofern orden, als sie geneigt sind, das Weiß als eine specielle Grundem- ızusehen, welche stets die farbige Reizung begleite: so besonders und VON KRIES[2]). Im Anschlusse hieran sind sogar Versuche gemacht erschiedene physiologische Substrate für die achromatische und die e Reizung aufzufinden, sei es nun dass man solche in der Retina chte, oder sei es dass man nur den Ort der chromatischen Reizung ıa verlegte, die bloße Lichtunterscheidung aber als einen centralen stulirte[3]). Diese Versuche haben jedoch in Bezug auf die Retina ı keinem sicheren Resultate geführt[4]), und bezüglich der centralen leibt auch hier die Auffassung die wahrscheinlichste, dass zwar die schen Grundlagen des Actes der Unterscheidung von Licht und traler Natur, dass aber die zu unterscheidenden Erregungen selbst na vorgebildet sind.

in den früheren Auflagen dieses Werkes wurde als ein für die ententheorie bedeutsames Moment die Abhängigkeit der Sättigung von der Lichtintensität hervorgehoben, während in den GRASSMANN- n über Farbenmischung, an welche HELMHOLTZ seine Erneuerung schen Theorie anlehnte, im Widerstreit mit der Erfahrung Farben- ıng und Lichtintensität als von einander unabhängige Variable be- rden[5]). Jene Beziehung zwischen Sättigung und Lichtstärke scheint uweisen, dass die farblose Erregung als eine selbständige, in der andene Componente jeder chromatischen Reizung angesehen werden dies in Fig. 138 zum Ausdruck gebracht worden ist. Von diesem kte ausgehend ist es aber eine naheliegende Annahme, auch die indungen auf Zusammensetzungen aus mehreren Farbencomponenten ıren. In dieser allgemeinen Fassung ist das Problem von HERING in en Schrift behandelt worden[6]). Mit Recht führt derselbe hier aus, die Existenz der drei Grundfarben ein fester Anhaltspunkt für die d einer Theorie noch nicht gewonnen, sondern dass damit nur aus- , drei sei die geringste Zahl anzunehmender Componenten, welche ungen der Farbenmischung einigermaßen genügen. Es ist hiernach nur die größere oder geringere Uebereinstimmung mit den sonstigen chen Thatsachen darüber entscheiden kann, welcher dieser möglichen

ERS, Arch. f. Ophthalm., XXVII, 1, S. 135. XXX, 1, S. 15.
KRIES, Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. Leipzig 1882, S. 159.
nhänger der Dreifarbentheorie haben sich freilich zu diesen Zugeständnissen . HELMHOLTZ bezeichnet noch in der 2. Aufl. seiner Physiol. Optik (S. 359) ırbenblindheit als »Monochromasie«; er ist der Ansicht, dass bei diesem Objecte farbig, wenn auch nur in einer Farbe, gesehen werden, eine lie den wohl untersuchten Fällen circumscripter und monocularer totaler ıeit gegenüber schwer begreiflich ist.
KRIES, a. a. O. S. 164. DONDERS ist geneigt, auch die Bedeutung der vier Roth, Gelb, Grün und Blau auf unbekannte centrale Bedingungen zurück- a. O. XXVII, S. 173).
SCHNELLER, Arch. f. Ophthalm.. XXXVIII, 4, S. 73.
HERING, Ueber NEWTON's Gesetz der Farbenmischung, Prag 1887, S. 54 (Aus . Jahrb. Lotos VII), und meinen Aufsatz zur Theorie der Farbenempfin- l. Stud. IV, S. 368.
· NEWTON's Gesetz der Farbenmischung, S. 68 ff.

Annahmen vor der andern der Vorzug zu geben sei. Als gemeinsam
für alle Theorien setzen wir hierbei voraus, dass die farblose Er
eine selbständige Componente anzusehen ist. Dann stehen nur r
Ansichten einander gegenüber: die Drei-Componententheorie
von DONDERS und v. KRIES gegebenen Form, die Vier-Componente
von HERING und die oben entwickelte Anschauung, welche als Stufe
oder Periodicitätstheorie bezeichnet werden kann. Den Vor
ihnen wird diejenige Theorie verdienen, welche über nachbenannte
am einfachsten und folgerichtigsten Rechenschaft gibt: 1) die Mögli
Erzeugung aller Farben aus den drei Grundfarben, 2) die Mischung
einander naheliegender Farben zur zwischenliegenden Spektralfarbe, 3
hebung von je zwei Complementärfarben zu Weiß, 4) die Verwand
Anfangs- und Endfarben des Spektrums, 5) die Abhängigkeit der Sät
der Lichtstärke, 6) die Erscheinungen der partiellen und der totale
blindheit.

Die modificirte Drei-Componententheorie (in der von DONDERS un
angenommenen Form) erläutert nur den ersten und zweiten diese
schon bei der Erklärung der Farbenblindheit scheitert sie, name
neueren umfassenderen Erfahrungen gegenüber, und sie vermag diese
nur dadurch nothdürftig zu verdecken, dass sie zwischen der partiell
blindheit (Dichromasie) und dem normalen Verhalten ein schwankend
von Zwischenfällen, sogenannte »unvollkommene Trichromasie« anni
allem widerstreiten aber die Farbenempfindungen bei monoculare
blindheit völlig der Theorie: ein rothblindes Auge müsste z. B. g
grünblindes müsste blaues Licht anders empfinden als das normale;
sich in der Beobachtung durchgängig nicht bestätigt[1]. Keine Rechen
ferner die Theorie über die Punkte 3, 4 und 5. Die beiden letzter
sie nicht einmal der Beachtung. Der erste hat zwar in der Constr
Farbendreiecks seinen Ausdruck gefunden, da man den Complem
eine Lage anweist, durch welche die sie verbindende Gerade ei
schneidet, in den man das Weiß verlegt. Aber dies ist lediglich ein
der Thatsache und keine Erklärung. Dass eine solche durch diese C
nicht zu geben sei, gesteht die modificirte Theorie selbst zu, indem sie
das Weiß sei aus keiner Mischung von Farben abzuleiten. Dieses
niss erklärt aber allenfalls die Abhängigkeit der Sättigung von der Lich
erklärt jedoch nicht, wie sich alle oder je zwei Farben zu Weiß aufheb
bedarf es vielmehr der weiteren Voraussetzung eines antagonistisc
haltens solcher Farben. So lange man auf dem Boden der Compon
rien verbleibt, kann ein derartiges Verhalten nur auf einen Gegensatz
ponenten selbst bezogen werden, und dazu bedarf man mindestens
antagonistischer Componentenpaare.

So führt das Streben, dieser Forderung gerecht zu werden, von
der Vier-Componententheorie HERING's. Soll dieselbe dem
dem sie zunächst hervorgegangen, genügen, so müssen nun je zwei
ponenten, die sie voraussetzt, zu einander complementär sein. Dem
in HERING's Theorie nur gewaltsam Genüge geleistet. Da nämlich in W

1) VON HIPPEL, Arch. f. Ophthalm., XXVI, 2, S. 176. KIRSCHMANN, Phil.
S. 196 ff.

Grün, Gelb und reines Blau nicht complementär sind, so sieht sie sich
das Roth nach der Richtung des Purpur, das Grün nach der des Grün-
Blau nach der des Indigblau zu verschieben. Die vier Hauptfarben Roth,
n und Blau sind also nur dann gleichzeitig als Grundfarben zu verwer-
n man den Namen Roth, Gelb, Grün und Blau eine andere Bedeutung
ls sie gewöhnlich besitzen, und wenn man dem reinen Roth im physio-
Sinne physikalisch die Bedeutung einer Mischfarbe (aus spektralem
etwas Violett) gibt. Dies vorausgesetzt führt nun HERING als drei
verschiedene Sehstoffe eine roth-grüne, gelb-blaue und schwarz-weiße
ein, wobei sich aber weiterhin eine nicht zutreffende Analogie zwi-
Gegensätzen von Schwarz und Weiß und den antagonistischen Com-
farben unterschiebt. Weiß soll nämlich der Dissimilation oder Zer-
er schwarz-weißen Substanz, Schwarz der Assimilation, d. h. der
stellung ihrer ursprünglichen Constitution entsprechen, und ähnlich
n nun Roth und Grün, Gelb und Blau zu einander verhalten, wobei
lich willkürlich Roth und Gelb als Dissimilations-, Grün und Blau als
nsfarben betrachtet werden. Diese Analogie ist undurchführbar. Jede
pfindung kann an Intensität vermehrt oder vermindert werden, ohne dass
Farbenton eine Veränderung erleidet. Die Intensitätsänderung der
ng Grau besteht aber regelmäßig darin, dass sie entweder in Weiß oder
z übergeht. Ferner soll, wenn Assimilation und Dissimilation der farb-
stanz im Gleichgewicht sind, eine zwischen Schwarz und Weiß in der
nde Empfindung, nämlich Grau, entstehen; bei den farbigen Substanzen
unter der gleichen Bedingung nicht eine gemischte, sondern gar keine
pfindung zu Stande kommen, so dass die begleitende farblose Erregung
ig bleibe. Um, wie es scheint, dieser Schwierigkeit zu begegnen,
G in Bezug auf die Entstehung der Helligkeitsempfindung eine
e Modification seiner ursprünglichen Theorie vorgenommen. Nachdem
allen Farbenerregungen gleiche Helligkeit zugeschrieben und dem-
ohl die verschiedene Helligkeit der Farben des Spektrums wie die bei
gen der Lichtstärke eintretenden Helligkeitsänderungen auf die gleich-
tfindende farblose Erregung zurückgeführt hatte, nimmt er nunmehr
eder Lichtqualität eine specifische Helligkeit zukomme, indem Weiß,
h, Grün, Blau und Schwarz eine absteigende Reihe bilden sollen[1].
nn die bei irgend einem Eindruck empfundene Helligkeit von dem
werth sämmtlicher in den Eindruck eingehenden Lichtqualitäten ab-
Die Thatsache, dass sich die Sättigung der Farben von einer gewissen
bei zunehmender Helligkeit vermindert, würde aber daraus erklärt
müssen, dass die Valenz des Weiß bei wachsender Lichtstärke mehr
als die der übrigen Farben. Offenbar erscheinen nun farblose und
chtarten einander vollständig gleichartig in ihren Eigenschaften, abge-
der oben berührten Verschiedenheit des Mischungseffectes von Schwarz
gegenüber dem Mischungseffect der Complementärfarben. Aus dieser
würde folgen, dass bei Farbenblindheit die Helligkeitsvertheilung im
stets von der des normalen Auges abweichen und genau dem Ausfall
Helligkeit, welche der nicht empfundenen Farbe zukommt, ent-

[1] ...ING, Archiv f. Ophthalm. XXXV, 4, S. 63 ff. PFLÜGER's Archiv XLVII, S. 417 ff.
...63 ff.

sprechen müsste. Dieser Folgerung widerstreiten jedoch zahlreiche
tungen an total Farbenblinden, wo die Helligkeitsvertheilung im Spektr
ständig die normale geblieben war, und wo, falls monoculare oder circ
Farbenblindheit bestand, die Helligkeit farbiger Objecte auf farbenbli
farbentüchtigen Stellen vollkommen gleich geschätzt wurden [1]. Nicht
bilden aber viele Fälle partieller Farbenblindheit ein unübers
Hinderniss auch für diese Theorie. Insbesondere fallen hier jene Fäl
cularer partieller Farbenblindheit ins Gewicht, bei denen mit Sicherh
gewiesen werden konnte, dass der Ausfall entweder überhaupt nur ei
oder doch jedenfalls nicht die Glieder eines HERING'schen Urfarbenpa
überhaupt zwei zu einander complementäre Farben trifft [2]. Gleichw
der Hypothese HERING's das Verdienst nicht abgesprochen werden, da
viel höherem Grade als die Drei-Componententheorie bemüht ist den For
welche sich von Seiten der subjectiven Thatsachen des Sehens aus
gerecht zu werden. Nur die Verwandtschaft der beiden Endfarben
trums, die, nachdem sie in den älteren Vorstellungen eine bedeutsa
gespielt, in eine unverdiente Vergessenheit gerathen scheint, hat auch
berücksichtigt gelassen.

Den Schwierigkeiten der Componententheorien scheint mir nun
dargelegte Stufentheorie zu entgehen, indem sie zugleich über di
lichen oben bezeichneten sechs Punkte widerspruchslose Rechenschaft
versucht. Wenn gegen dieselbe der Einwand erhoben wurde, sie sei un
mit der Annahme eines photochemischen Ursprungs der Lichtreizung
dies schwerlich begründet. Am nächsten dürfte es doch liegen, i
Fall an die färbenden Wirkungen des Lichtes auf complexe organis
bindungen zu denken. Hier wissen wir aber, dass z. B. die Stoffe de
phyllkorns die verschiedensten Färbungen annehmen können, denen
Zersetzungsprocesse verschiedener Art entsprechen werden. So ist
auch vollkommen denkbar, dass in der Retina ein complexer Stoff ex
welchem durch das Licht Spaltungen eingeleitet werden, die sich i
Intervallen mit der Wellenlänge ändern und Producte zurücklassen
sich alsbald mit einander verbinden, um entweder ihre farbenerregen
kungen zu combiniren oder zu compensiren, ähnlich wie zwei farbig
sowohl farbige wie farblose Verbindungen mit einander erzeugen kön
leugne nicht, dass diese Vorstellung in gewisser Weise wieder auf die
von Sehstoffen zurückführt; aber ich leugne, dass uns Anhaltspunkte
nahme einer irgend begrenzten Zahl und namentlich solcher Sehstoffe
die in der »Sehsinnsubstanz« präformirt sind, und nicht vielmehr
Lichtreizung selbst erst gebildet werden, um dann theils Mischungseffe
antagonistische Wirkungen hervorzubringen. Ueberdies wird durch
jective Analyse unabweislich die Annahme gefordert, dass die Farbener
eine periodische Function ist, insofern die photochemischen Wirku
kürzesten Wellen denen der längsten wieder ähnlich werden, und inde
halb dieser Reihe je zwei Vorgänge sich antagonistisch verhalten. Es

1) Vgl. A. KÖNIG, Ueber den Helligkeitswerth der Spektralfarben, S. 70 ff.
bei Mischungsversuchen gewonnenen Ergebnisse, die für die unabhängigen
valenzen der einzelnen Farben beigebracht wurden, auch in andern Beob
nicht bestätigt werden konnten, ist schon oben S. 499 Anm. 3 bemerkt word

2) Vgl. oben S. 510. 3) VON KRIES, a. a. O. S. 159.

end, dass sich auch dieser Annahme die Voraussetzung einer unbe-
roßen Zahl von der Wellenlänge abhängiger Spaltungsproducte besser
die Beschränkung auf drei, vier oder gar zwei farbige Sehstoffe [1]).
Bedeutung für die Entscheidung zwischen den verschiedenen Theorien
ließlich auch die Veränderungen der Licht- und Farbenem-
hkeit auf den Seitentheilen der Netzhaut, die überdies, wie
er (in Cap. XIII) sehen werden, auch für die Theorien der räumlichen
vahrnehmungen ein großes Interesse besitzen. Diese Veränderungen
wieder in die früher (S. 371) erörterte Zunahme der Empfind-
t für Helligkeiten und in die oben (S. 506) näher beschriebene
ne der Farbenempfindlichkeit. Beide Veränderungen verlangen
verschiedene Erklärungsgründe. Es scheint kaum zulässig, die erst-
auf Abweichungen in der Beschaffenheit der reizbaren Sehsubstanz
führen, um so mehr da diese Abweichungen wegen der Abnahme in
hl der lichtempfindlichen Elemente sehr bedeutend sein müssten. Man
arum vielleicht daran denken, eine von HELMHOLTZ aufgestellte Hypo-
r heranzuziehen. Um nämlich einerseits die unverhältnissmäßig rasche
der Sehschärfe in den Seitenregionen und anderseits die Fähigkeit
zhautpunktes für Licht erregbar zu sein zu erklären, nimmt HELMHOLTZ
s anastomosirendes Fasernetz an, welches sich über die ganze Netz-
breite und sowohl mit den empfindenden Elementen wie mit den
sern in Verbindung stehe [2]). Doch abgesehen davon, dass es misslich
einem in seinen feinsten Details so sehr durchforschten Organ anatomische
vorauszusetzen, von denen nichts nachzuweisen ist, scheint es mir,
ch die schon auf S. 320 als wahrscheinlich hervorgehobene katop-
Natur der Stäbchenaußenglieder alle hier vorliegenden Verhältnisse
facher erklärt werden. Indem die Stäbchen als katoptrische Apparate
h die Sehzellen hindurchgegangenen Strahlen nochmals auf jene zurück-
bewirken sie eine Ausbreitung und eine Verstärkung der Lichterregungen,
letztere schon durch die in Folge der dioptrischen Einrichtungen des
tstehende Abnahme der Helligkeit auf den Seitentheilen gefordert ist [3]).
verhält es sich mit der im Gegensatz zur Zunahme der Helligkeitsem-
auf den Seitentheilen eintretenden Abnahme der Farbenempfindung.
der hier zu beobachtenden Aenderungen lässt sich vom Standpunkte
componententheorie aus durch die Annahme einer bloßen Aenderung
quantitativen Verhältniss der drei Endorgane nicht erklären. Man
daher die Hülfsannahme einer gleichzeitigen qualitativen Aenderung
n, durch die sich die drei Sehstoffe mit der Annäherung an die Peri-
mmer ähnlicher werden sollten [4]). Damit ist an und für sich schon das
der Componententheorien (ebenso wie durch die analoge Hülfsannahme
vollkommenen Trichromasie«) aufgegeben; denn wenn es die verschie-
Uebergangsstufen zwischen den Sehstoffen geben kann, so gibt es eben
ot keine fest begrenzte Zahl farbiger Sehstoffe mehr, sondern diese

gl. Phil. Stud. IV, S. 371 ff.
LMHOLTZ, Physiol. Optik, 2. Aufl. S. 264.
gl. hierzu A. KIRSCHMANN, Phil. Stud. V, S. 494 f.
FICK, PFLÜGER's Archiv XLVII, S. 247 ff. HELMHOLTZ, Physiol. Optik, 2. Aufl.,

bilden eine aus unbestimmt vielen Abstufungen bestehende Reihe, v
Stufentheorie behauptet. Ebenso sind aber die stattfindenden Verä
nach KIRSCHMANN's Beobachtungen mit der HERING'schen Vier-Componen
nicht vereinbar. Auch sie würde, wenn sie die auf S. 509 erwäh
schiebungen der Complementärfarben erklären wollte, eine qualitative
der Sehstoffe annehmen müssen, die überdies für je zwei zusamme
Roth und Grün, Gelb und Blau, nicht einmal gleichmäßig erfolgte[1].

Im Unterschiede von den bisher betrachteten qualitativen Eigensc
Lichtempfindung, für welche die wesentlichen physiologischen Grun
dem peripherischen Sinnesorgane vorauszusetzen sind, glaube ich
trasterscheinungen auf centrale Bedingungen zurückführen zu
Bei der Beurtheilung dieser Erscheinungen ist vor allem zu beachten
in der Regel neben einander hergehenden Wirkungen des Helligkeits-
und Sättigungscontrastes störend in einander eingreifen können, inden
lich der Helligkeitscontrast den gleichzeitigen Farbencontrast zu vermin
sogar aufzuheben pflegt. Bedingung für die Untersuchung des reine
contrastes ist daher stets die Ausscheidung des Helligkeitscontrastes,
die Herstellung gleicher Helligkeit der Objecte leicht erreicht wer
Schwieriger ist es wegen des unmittelbaren Einflusses der Helligke
Sättigung den Helligkeits- und den Sättigungscontrast von einander z
Ein reiner Sättigungscontrast ist selbstverständlich nur dann mögli
zwei Farben in Farbenton und Helligkeit einander gleich und nu
Sättigung verschieden sind. Experimentell lässt sich diese Bedingung
wenn man zunächst am Farbenkreisel durch Mischung von Weiß un
ein Grau herstellt, dessen Helligkeit der einer gegebenen Farbe gleic
dann dieses Grau in beliebiger Quantität ebenfalls am Farbenkreise
sprünglichen Farbe zusetzt. Vergleicht man dann die letztere in ihrer
lichen Beschaffenheit mit einer solchen Mischung, so haben beide
gleiche Helligkeit und gleichen Farbenton, sind aber in ihrer Sätt
schieden. Die Wirkung eines solchen reinen Sättigungscontrastes bes
dass die Sättigungsdifferenz der beiden Eindrücke vergrößert ersche
der gesättigtere dem Sättigungsmaximum, der weniger gesättigte dem S
minimum, d. h. dem Farblosen genähert wird. Dagegen lässt sich
wechselseitigen Induction von Farbeneindrücken ein Helligkeits- oh
zeitigen Sättigungscontrast nicht herstellen, weil jede Veränderung
keitsverhältnisses zugleich das Sättigungsverhältniss der Farben verän

Wegen ihrer scheinbaren Beziehung zu den negativen und compl
Nachbildern war man geneigt, die Contrasterscheinungen ebenfalls
physiologischen Wirkungen der Netzhauterregung abzuleiten. Wie
Nachbildern die Netzhaut successiv für entgegengesetzte Erregun
disponirt werde, so sollte dies beim Contrast simultan geschehen
auch beide von CHEVREUL als successiver und simultaner Contrast unt
wurden[3]. FECHNER zeigte zuerst, dass manche Erscheinungen, die
simultanen Contrast zugerechnet hatte, auf einen successiven, auf ein
rung der Lichtempfindung durch Nachbilder zu beziehen seien, be

1) Vgl. auch oben S. 510 Anm. 1.
2) PLATEAU, Ann. de chimie et de phys., LVIII, p. 339.
3) CHEVREUL, Mém. de l'acad. des sciences, IX, p. 447.

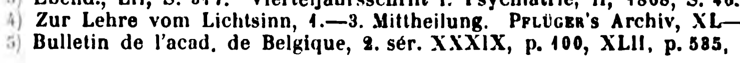
s auch die Unabhängigkeit anderer Contrasterscheinungen von den
ern [1]). Nähere Nachweise über die Bedingungen des Contrastes wurden
Brücke [2]) und H. Meyer [3]) gegeben, wobei namentlich letzterer schon
bhängigkeit vom Sättigungsgrad der Farben aufmerksam machte. Der
ltenden physiologischen Theorie setzte endlich Helmholtz eine psy-
sche entgegen [4]), die sich besonders auf die Meyer'schen Versuche
Er wies darauf hin, dass der Contrast bedeutend vermindert wird,
r den inducirten Eindruck auf ein gesondertes Object beziehen, ver-
er die wahre Bedeutung der Sättigungsverhältnisse der contrastirenden
weil er sich zu sehr an die speciellen Bedingungen des Meyer'schen
hielt. Die contrasterhöhende Wirkung des bedeckenden Briefpapiers
ämlich Helmholtz darauf, dass wir den grauen Fleck scheinbar durch
ige Bedeckung sehen sollen. Befindet sich z. B. ein graues Papier-
auf rothem Grunde, und decken wir nun ein durchscheinendes Papier
so sollen wir alles durch ein gleichförmig gefärbtes rosarothes Papier
glauben: ein Object, das durch ein rosarothes Medium gesehen grau
n wird, müsse aber grünlichblau sein, und daher erscheine der graue
dieser Farbe. Aehnlich ist seine Erklärung des Versuchs von Ragona
der spiegelnden Glasplatte. Demzufolge sieht Helmholtz die Contrast-
ngen im wesentlichen als Urtheilstäuschungen an. Bei den
Schatten vollzieht sich nach ihm diese Täuschung in folgender Weise:
gewohnt das verbreitete Tageslicht weiß zu sehen; ist nun ausnahms-
selbe nicht weiß, sondern röthlich, so ignoriren wir diese Abweichung
theilweise; wenn wir aber eine röthliche Beleuchtung weiß sehen,
uns ein in Wirklichkeit grauer Schatten so erscheinen, als wenn ihm
etwas rothes Licht fehlte, also grünblau. Helmholtz stützt sich bei
ffassung der Schattenversuche auf Beobachtungen, welche von Fechner
worden sind. Nimmt man nämlich, nachdem die Contrastfarbe ent-
t, eine innen geschwärzte Röhre und blickt durch dieselbe auf den
Schatten, so dass aus der Umgebung desselben kein Licht in das Auge
so erscheint er trotzdem fortan gerade so gefärbt, als da man ihn
n Auge betrachtete; die Färbung bleibt aber selbst dann während
it bestehen, wenn man durch Wegziehen der gefärbten Glasplatte die
leuchtung aufhebt oder durch eine zweite Glasplatte in eine anders-
rwandelt. Es hat jedoch Hering gezeigt, dass diese Erscheinungen um
verschwinden, je fester man den Schatten fixirt. Sie dürften daher,
s zum größten Theil, auf die bei ungenauer Fixation entstehenden
ntären Nachbilder der inducirenden farbigen Beleuchtung zurückzu-
in, so dass sie jedenfalls für die Urtheilstheorie nicht zu verwerthen
Gegen diese Theorie erheben sich jedoch noch andere erheblichere
, welche sich zum Theil schon aus den Versuchen selbst, die zu
erselben ins Feld geführt wurden, ergeben. Wenn beim Meyer'schen

hner, Poggendorff's Ann., XLIV, S. 221, 513, und L, S. 193, 427. Ergänzungen
n Berichten der sächs. Ges. d. Wiss. 1860, S. 71.
gendorff's Ann., LXXXIV, S. 424. Denkschriften der Wiener Akademie, III,
ungsber. derselben, XLIX, S. 1.
gendorff's Annalen, XCV, S. 170.
siologische Optik, S. 388 ff.
ing, Pflüger's Archiv, XL, S. 172 ff., XLI, S. 1 ff., XLIII, S. 1 ff.

Versuch wirklich die Täuschung obwaltete, dass wir durch ein gefärb
zu sehen glauben, so müsste der Contrast um so intensiver sein, je
Papier gefärbt ist, je durchscheinender man also die Bedeckung nimm
aber nicht der Fall, sondern man findet, dass eine sehr dünne Bede
gesättigtem Grunde nur geringen Contrast gibt, und dass das bedecker
offenbar nur dadurch wirkt, dass es die Helligkeit der contrastirende
annähernd gleich macht und so den den Farbencontrast störenden H
contrast beseitigt. Aehnlich ist beim Versuch von RAGONI SCINA nicht
Stellung der Glasplatte die günstigste, bei der die Sättigung am größ
dern diejenige, bei der die Helligkeit der contrastirenden Objecte
gleich ist, was nach den Bedingungen des Versuchs auch hier bei ein
keit, welche die Sättigung beträchtlich vermindert, am leichtesten
ist. Die farbigen Schatten endlich sind dann besonders deutlich, v
die gefärbte Beschaffenheit der Beleuchtung gut erkennt, wenn man
nur ein beschränktes Feld farbig beleuchtet: der graue Schatten innerh
Feldes erscheint dann außerordentlich intensiv in der Complementärf
gleich man hierbei nicht den geringsten Grund hat, die Farbe des
der des Tageslichtes, gegen welche sie sich deutlich abhebt, zu ver
Auf die Farben- und Helligkeitscontraste an der rotirenden Scheibe de
kreisels sind vollends alle diese Erklärungen gar nicht anwendbar. D
der Urtheilstäuschungen begeht offenbar den Fehler, dass sie die Er
als etwas Absolutes ansieht, wovon dann die Contrastphänomene auffall
nahmen bilden sollen. Nun ist nicht zu bestreiten, dass entweder d
duction früherer Eindrücke oder die directe Vergleichung mit einen
unabhängigen Eindruck die Empfindung beeinflussen kann. Aber es
dann diese Vergleichung, die übrigens wiederum nicht als eine urth
Vergleichung bezeichnet werden darf, umgekehrt die ursprüngliche En
welche sich in Qualität und Intensität überall nach dem Verhältniss
Empfindungen feststellt. Darum bilden aber auch solche modificirende
keine eigentliche Ausnahme von dem Gesetz der Beziehung, wie wi
formulirt haben, sondern es tritt bei ihnen nur die Beziehung zu früh
zu unabhängig stattfindenden Eindrücken an die Stelle der für die urs
Empfindung näher liegenden der unmittelbar mit einander einwirkend
Die gezwungene Deutung, welche die HELMHOLTZ'sche Theorie den mei
trasterscheinungen gibt, ist wohl die Ursache gewesen, dass auch nac
lung derselben eine Reihe von Beobachtern, wie FECHNER[1]), ROLLET[2]),
HERING[4]) und in verschiedenen neueren Arbeiten PLATEAU[5]), an der
einer physiologischen Wechselwirkung der Netzhautstellen festhielten.
wurde aber durchweg nicht beachtet, dass durch die Widerlegung
nahme von »Urtheilstäuschungen« die Möglichkeit einer psychologische
rung noch keineswegs beseitigt ist, und dass eine psychologische Th
parallel gehende physiologische Interpretation nicht ausschließt, sond
mehr die Aufforderung enthält, eine solche zu suchen. Dies findet au



1) Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss., 1860, S. 131.
2) Wiener Sitzungsber., LV, April 1867. Separatabdruck S. 21.
3) Ebend., LII, S. 317. Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie, II, 1868, S. 46.
4) Zur Lehre vom Lichtsinn, 1.—3. Mittheilung. PFLÜGER's Archiv, XL—
5) Bulletin de l'acad. de Belgique, 2. sér. XXXIX, p. 100, XLII, p. 535,



vorgehobenen nahen Beziehung der Contrasterscheinungen zu dem
ıen Gesetze seinen Ausdruck, insofern die für das letztere gemachten
chen Annahmen über die Wechselbeziehungen centraler Sinneser-
leicht auch auf den Contrast zu übertragen sind[1]).
aus der subjectiven Analyse der Empfindungen abgeleitete Sonder-
er farblosen Empfindung gegenüber den Farben dürfte schließlich noch
Thatsachen der Entwicklung der Lichtempfindungen nahe-
rden. Die letztere, nach welcher die Empfindung von Hell und
chst wahrscheinlich den Farbenempfindungen vorangeht, verlangt die
dung des Processes der farblosen Empfindung als eines solchen, der
aus einer Vermischung von Farben entspringt. Dagegen wird man
ekehrt sagen dürfen, dass auch die Farbenempfindung einen Process
der unabhängig von der farblosen Empfindung stattfinden könne.
t nicht wahrscheinlich, dass die Farbenempfindung jemals für sich
kommt; jedenfalls ist sie bei unserm eigenen Sehen stets von der
Empfindung begleitet. Wir haben darum aber auch kein Recht, etwa
bige und für die farblose Empfindung absolut verschiedene Sehsub-
rauszusetzen, sondern genetisch verständlicher scheint die Annahme,
wissen morphologischen Elementen die bisher nur zur farblosen Er-
eigneten photochemischen Stoffe eine Beschaffenheit annehmen, wo-
gleichzeitig zur farbigen Erregung geeignet werden. Rücksichtlich der
en, welche diese Entwicklung bestimmten, sind wir selbstverständlich
thungen beschränkt. Dass der Tastsinn als der gemeinsame Aus-
aller speciellen Sinnesentwicklungen erscheint, wurde schon früher
S. 289). Es liegt nahe, demzufolge die Temperaturempfindungen der
den Lichtempfindungen in eine genetische Beziehung zu bringen. Zu
ührung weiterer Analogien zwischen beiden Empfindungsqualitäten, wie
e PREYER[2]) versucht hat, bieten sich aber doch allzuwenige Anhalts-
Auch fand VITUS GRABER, dass augenlose oder geblendete Thiere sich
d Dunkel und sogar für starke Farbenunterschiede, wie Roth und Blau,
ı zeigen, indem sie, wenn ihnen verschiedene Lichtqualitäten zur Wahl
erden, die eine aufsuchen und die andere meiden, ohne dass gleich-
immte Temperaturunterschiede mit einwirken. Das lichtempfindliche
aber in solchen Fällen nachweislich die allgemeine Körperoberfläche[3]).

ın die von HERING u. A. gegenwärtig noch immer festgehaltene Hypothese,
ontrast auf einer Ausbreitung des Reizes auf benachbarte lichtempfindende
eruhe, dürfte auch die Beobachtung, dass erblindete, ihrer empfin-
Elemente völlig beraubte Netzhautstellen scheinbar der Sitz von
ofindungen sein können, ein entscheidender Gegenbeweis sein. An einer
telle meines eigenen rechten Auges treten Contrastfarben regelmäßig bei der
verbreiteter Farbeneindrücke auf die Umgebung auf: zuerst wird die erblin-
mit der Umgebung gleichfarbig gesehen; nach kurzer Zeit stellt sich dann
ontrastfarbe ein. (Vgl. A. KIRSCHMANN, Phil. Stud. VIII, S. 230, 480.) Es ist
ier die Ausfüllung der blinden Stellen mit der Contrastfarbe nur auf einem
ı Vorgang beruhen kann.
ER, PFLÜGER's Archiv XXV, S. 78 ff. Wenn derselbe aber vollends die Farben
emperatur-, das Farblose mit den Druckempfindungen in Parallele bringt,
eine Hypothese, für die keine einzige wirkliche Thatsache spricht, und die
f unzureichende Analogien stützt.
GRABER, Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinns der
ag u. Leipzig 1884, S. 293 ff.

Grant Allen hat erörtert, dass bei den Insekten die Aufsuchung de
enthaltenen Nahrung, wie sie die Farbenmannigfaltigkeit der Blume
habe, so wiederum durch den Kampf ums Dasein die Entwicklung d
sinns befördert haben werde[1]. Aehnlich hat man überhaupt verm
die Unterscheidung verschieden gefärbter Objecte bei den lebenden W
geworden sei, weil sie ihnen nützlich war. Den letzten Grund de
wird man aber in dem Kampf ums Dasein schwerlich sehen könne
Farbenunterscheidung schon existiren musste, ehe sie nützlich werd
Im Widerspruch mit der Annahme Grant Allen's fand überdies V. Gr
die Thiere, wenn man ihnen zwischen verschiedener farbiger Beleu
Wahl lässt, im allgemeinen nicht die Farbe einzelner auffallend ge
jecte, sondern diejenige ihres allgemeinen Gesichtsfeldes, so also
fliegenden Thiere das Blau oder Weiß bevorzugen[2]. An der Hand d
vergleichung hat endlich Lazarus Geiger die Annahme aufgestellt,
Entwicklung des Farbensinns sei ein verhältnissmäßig spätes Product
licher Entwicklung, da den älteren Sprachformen die Bezeichnung
wisse Farben fehlen[3]. Die Hellenen zur Zeit des Homer würde
z. B. zwar Roth und Grün, aber noch nicht Blau empfunden habe
Entwicklung der Empfindungen Orange, Indigblau, Violett würde
den allerletzten Jahrhunderten angehören. Diese Hypothese übersieh
Wahl sprachlicher Bezeichnungen von praktischen Bedürfnissen be
wesen ist, welche über die Existenz der Empfindungen nichts e
Noch heute findet sich bei Naturvölkern eine verhältnissmäßige Arm
sprachlichen Unterscheidung der Farben, ohne dass sich bei genaue
eine generelle Verbreitung partieller Farbenblindheit herausstellt[4].
bei Thieren ist, wie namentlich die Untersuchungen von V. Grab
nicht nur die Unterscheidung von Hell und Dunkel, sondern auch
mit bestimmter Bevorzugung verbundene und bei einzelnen Arte
verhältnissmäßig feine Unterscheidung von Farbenstufen weit verbre
unzweifelhaft es also ist, dass sich die Farbenempfindungen entwic
so unwahrscheinlich ist es, dass sich diese Entwicklung seit der Ze
stenz des Menschen bei diesem in irgend nennenswerther Weise
digt hat.

1) Grant Allen, The colour-sense, its origin and development. L
Deutsche Ausg. von E. Krause. Leipzig 1880.

2) V. Graber a. a. O. S. 266 ff.

3) L. Geiger, Zur Entwicklungsgeschichte der Menschheit. Stuttgart 1
Vgl. außerdem Hugo Magnus, Die geschichtliche Entwicklung des Farbensi
1877. Eine kritische Uebersicht der hierüber entstandenen Polemik gebe
Die Frage nach der geschichtlichen Entwicklung des Farbensinns. Wie
E. Krause, Kosmos, I, S. 275, III, S. 256.

4) Grant Allen a. a. O. H. Magnus, Untersuchungen über den Far
Naturvölker. Jena 1880. R. Andree, Zeitschr. f. Ethnologie, X, S. 323. A.
Americ. Naturalist, XIII, p. 475.

5) V. Graber a. a. O. S. 26, 222 ff. Siehe bei demselben auch die
stellung der älteren Versuchsergebnisse von P. Bert, Lubbock u. A., S. 3 ff.

Zehntes Capitel.

Gefühlston der Empfindung.

en Intensität und Qualität begegnet uns mehr oder minder aus-
n jeder Empfindung ein drittes Element, welches theils durch
ctive Bedeutung, die ihm das entwickelte Bewusstsein unmittelbar
theils durch die Eigenschaft ausgezeichnet ist, dass es sich
entgegengesetzten Zuständen bewegt. Wir nennen diesen dritten
eil der Empfindung den Gefühlston oder das sinnliche Ge-
Derselbe zeigt, wie die Empfindung selbst, Unterschiede der In-
t und der Qualität, wobei übrigens jede dieser Eigenschaften
owohl von der Intensität wie von der Qualität der Empfindung
ist. Dies verräth sich schon an den Gegensätzen, zwischen denen
iche Gefühl auf- und abschwankt. Wir bezeichnen sie als Lust-
ustgefühle. Beide sind qualitative Zustände, die durch einen
r Indifferenzpunkt in einander übergehen, und deren jeder einer-
verschiedensten Intensitätsstufen durchlaufen, anderseits in den
ltigsten qualitativen Nuancen vorkommen kann. In der Existenz
unktes liegt zugleich ausgesprochen, dass es Empfindungen geben
e unbetont, nicht von sinnlichen Gefühlen begleitet sind. Auch
ir zahlreiche Empfindungen, deren Gefühlston sehr schwach oder
ch ist. Andere sind fast immer von starken Gefühlen begleitet,
sich bei ihnen der Gefühlston mehr als die sonstige Beschaffenheit
findung der Beobachtung aufdrängt. Man pflegt sie daher, indem
Theil für das Ganze setzt, oft schlechthin sinnliche Gefühle zu

e Veränderlichkeit und vielseitige Bedingtheit des Gefühlstons er-
die Untersuchung desselben. Einerseits ist zwar das Gefühl regel-
rch die Intensität und Qualität der Empfindung bestimmt, und
daher nicht als ein ähnlich unabhängiger Bestandtheil wie die
gedacht werden. Anderseits können aber doch auch, während
rn Bestandtheile der Empfindung anscheinend unverändert bleiben,
ie geknüpften Gefühle nach Stärke und Richtung wechseln, so
sofort eine unmittelbare Abhängigkeit derselben von dem ge-
Zustand des Bewusstseins uns aufdrängt. Vermöge dieser ver-
Bedingungen, unter denen sich ihre Entstehung befindet, kommt
die Beschreibung der Gefühle eine kaum zu überwindende Un-
Specifische Bezeichnungen von ähnlicher Unzweideutigkeit, wie

sie die Sprache für die Sinnesqualitäten geschaffen, fehlen gerad
sinnlichen Gefühle gänzlich, da dieselben für das sprachbildende
sein meistens völlig mit den an sie geknüpften sonstigen Zustä
Bewusstseins verschmolzen sind. Man hilft sich daher mit Au
die entweder dem Gebiet der von zusammengesetzteren Vorstellu
ihrem Verlauf abhängigen Gemüthsbewegungen entnommen wer
man benützt sogar Analogien mit rein intellectuellen Vorgängen
hören im Grunde schon die allgemeinen Bezeichnungen Lust ur
noch mehr aber Freude und Leid, Ernst und Heiterkeit u. s.
höheren Gefühlssphäre an, und eine Vermengung mit intellectu
gängen ist es, wenn man die Lustgefühle auf eine Förderung u
einstimmung, die Unlustgefühle auf eine Störung des Befindens,
Widerstreit des Reizes mit den Bedingungen der Erregbarkeit
zurückführt [1]). Denn zweifelsohne ist es erst eine nachträgliche
die uns sagt, dass die sinnlichen Lustgefühle im allgemeinen m
Empfindungsreizen verbunden seien, die unser physisches Se
die Unlustgefühle mit solchen, die dasselbe irgendwie hemmen
drohen.

Indem wir das sinnliche Gefühl als eine dritte Bestimmung
pfindung betrachten, die zur Qualität und Intensität in we
Grade hinzutritt, liegt hierin von selbst ausgesprochen, dass es
fühlston ohne eine begleitende Empfindung ebenso wenig gibt,
Empfindungsqualität ohne Intensität vorkommen kann. Wenn
jenem Falle häufiger als in diesem geneigt ist ein Product un
straction für einen selbständigen Zustand anzusehen, so liegt d
hiervon wohl in dem oben schon erwähnten Bedingtsein des G
von dem Gesammtzustande des Bewusstseins, welches leicht d
einer relativen Unabhängigkeit von den andern regelmäßigen I
der Empfindung erwecken kann. Diese Beziehung zum Bewusst
nun aber an sich keinen Grund abgeben, dem Gefühlston eine
digere Existenz zuzuschreiben als den übrigen Bestandtheilen
pfindung, da diese in allen ihren Elementen schließlich als ein
unseres Bewusstseins aufzufassen ist. Nur in einem Punkte
Untersuchung der Gefühlselemente die in den beiden vorigen
innegehaltenen Grenzen einigermaßen überschreiten müssen.
und Qualität der Empfindung ließen sich erörtern, ohne auf
meinen Gesetze des Bewusstseins Rücksicht zu nehmen. Jene su
Bedeutung dagegen, die wir unmittelbar den Gefühlen beile
es unerlässlich machen, schon hier auf einige Eigenschaften des Be

1) Lotze, Medicinische Psychologie, S. 263.

nehmen, deren eingehende Betrachtung einem späteren Orte
en bleibt[1]). Zugleich wird es zweckmäßig sein, schon bei dieser
sten Form der Gefühle auf diejenigen Gesetze hinzuweisen,
sie in den allgemeinen Eigenschaften der Gefühle ihren Grund
uch für die zusammengesetzteren Formen ihre Geltung be-

1. Abhängigkeit des Gefühls von der Intensität der Empfindung.

allgemeine Abhängigkeit des Gefühlstones von der Empfindungs-
am unzweideutigsten bei intensiven Empfindungen zu erkennen,
on Schmerz begleitet sind. Dieser ist mit einem Unlustgefühl
n, das mit der Intensität der Empfindung bis zu einer Maxi-
e zunimmt. Nahe der Reizhöhe verbindet sich also die Empfin-
t einem Unlustgefühl, welches wächst, bis die Höhe erreicht
r Punkt nun, wo das Unlustgefühl anfängt, wird offenbar dem
t der Gleichgültigkeit entsprechen; unter diesem Punkte aber
m allgemeinen Lustgefühle zu erwarten sein. In der That be-
es die Erfahrung, welche bezeugt, dass in allen Sinnesgebieten
eise Empfindungen von mäßiger Stärke von Lustgefühlen be-
d. So verbinden sich mit den Kitzelempfindungen, die auf rasch
den Hautreizen von geringer Stärke beruhen, mit den Empfin-
mäßiger Muskelanstrengung und Muskelermüdung entschiedene
le. Bei den höheren Sinnen tritt aus Gründen, die wir unten
twickeln werden, die Gefühlsbetonung der Empfindungen mehr
Sie ist am ehesten noch dann nachzuweisen, wenn man möglichst
hung auf zusammengesetzte Vorstellungen beseitigt, also einen
Klang oder eine Farbe für sich einwirken lässt, wo dann un-
ft die zunächst wohlthuende Empfindung bei wachsender Inten-
ählich in ein Unlustgefühl übergeht. Nimmt die Empfindung
d mehr ab, so vermindert sich gleichfalls das Lustgefühl, bis es
Reizschwelle verschwindend klein geworden ist. Hiernach lässt
meine Abhängigkeit des Gefühlstones von der Empfindungs- und
sität folgendermaßen sich darstellen. Denken wir uns den Gang
findungsstärken in der Weise wie in Fig. 115 S. 403 durch eine
argestellt, indem wir die Reizgrößen als Abscissen benützen, so
wir die Abhängigkeit des Gefühlstones von der Reizstärke durch

[1]) . den vierten Abschnitt, Cap. XV.

eine zweite, von ihr abhängige Curve versinnlichen. Dieselbe ist i
punktirt gezeichnet, während die ausgezogene Linie das gl
Wachsen der Empfindungsstärke veranschaulicht. Lassen wir
halb der Abscissenlinie errichteten positiven Ordinaten Werthe
die nach abwärts gerichteten negativen Werthe der Unlust bed
beginnt die Gefühlscurve bei der Reizschwelle a mit unendlic
Lustgrößen und steigt dann zu einem Maximum an, welches
gewissen mäßige
dungsstärke c er
Von da sinkt sie
wieder und kom
zum Nullpunkt, w
weiterer Zunahme
der Uebergang au
gative Seite
wachsende Unl
andeutet. Die Cur
die Abhängigkeit
lichen Gefühls
Reizstärke darste
scheidet sich den
derjenigen, die
der Empfindungsstärken ausdrückt, wesentlich dadurch, dass
Wendepunkt besitzt, womit eben die Bewegung zwischen den
gesetzten Zuständen der Lust und Unlust ausgesprochen ist.

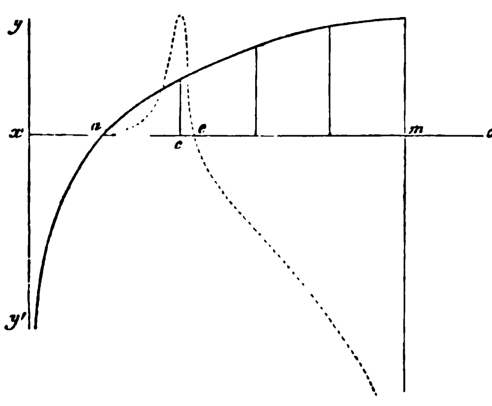


Fig. 141.

Da die Gefühle nicht, wie die Empfindungen, einem exac
unterworfen werden können, so lässt sich auch über die nähe
der Gefühlscurve nichts bestimmteres angeben. Selbst in ihrem al
Verlauf ist sie nur bei solchen betonten Empfindungen zu verfo
wie die Druck- und Temperaturempfindungen der Haut, die Ge
und Geruchsempfindungen sowie die Organempfindungen, die G
der Lust und Unlust deutlich erkennen lassen, während bei
pfindungen der beiden höheren Sinne, bei denen analoge, a
durch die Ausdrücke Lust und Unlust nicht direct zu bezeichnen
sätze existiren, die Qualität der Empfindung einen so große
ausübt, dass daneben die Intensität nur als ein die Größe dieser
wirkung mitbestimmender Factor erscheint.

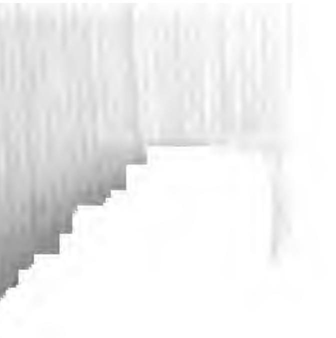
Auch für die oben genannten Empfindungen der sogenannten
Sinne ist nun aber der ganze Verlauf der Gefühlscurve selbst
oben hervorgehobenen allgemeinen Zügen nur selten zu verfolg
weil schwächere Empfindungen sammt ihrer Gefühlsbetonung un

keit entgehen, wie bei vielen Organempfindungen, theils weil
eren Empfindungen andere, ebenfalls gefühlsbetonte Erregungen
mengen, die den Gefühlston der ursprünglichen Empfindung com-
so bei den Druck- und Temperaturempfindungen, mit deren
Graden stets Schmerzempfindungen verbunden sind. Uebrigens
sich diese bei einer bestimmten Reizintensität auch den andern
ungen, z. B. Gesichts- und Gehörseindrücken, beizumengen und
oder weniger schnell die eigenthümliche Gefühlsbetonung der-
lurch das hinzutretende, immer an die Schmerzempfindung ge-
Unlustgefühl zu verdrängen[1]). Am ungestörtesten von solchen
en der Vermischung erscheint die Abhängigkeit der Lust- und der
fühle von der Stärke der Empfindung bei den im allgemeinen
re lebhafte Gefühlsbetonung ausgezeichneten Geschmacks- und
seindrücken, so dass hier das allmähliche Wachsen des Ge-
t der Empfindung und sein Uebergang aus der Lust- in die Un-
e am deutlichsten zu verfolgen ist. Zwar sind es von den Ge-
en nur der saure und der salzige, denen man in der Regel die
aft eines bei schwächerer Einwirkung angenehmen, bei stärkerer
ehmen Geschmacks zuschreibt, während das Süße meist ohne
nkung als ein angenehmer, das Bittere als ein unangenehmer Ge-
bezeichnet wird. Dennoch wird man nicht anstehen einen
bittern Geschmack, wie ihn z. B. ein gutes Bier darbietet, an-
und dagegen die Süßigkeit einer starken Sacharinlösung un-
m zu finden. Es scheint also doch, dass in allen diesen Fällen
che Beziehung des Gefühlstons zur Stärke der Empfindung be-
Aehnlich scheint es sich mit den Gerüchen zu verhalten, wenig-
es bekannt, dass Gerüche, die in concentrirter Form zu den
ehmsten gehören, wie gewisse Producte der Theerdestillation, in
er Verdünnung als Wohlgerüche Verwendung finden, und umge-
erden uns die angenehmsten Blumengerüche, wie Rosen-, Laven-
d ähnliche, in concentrirter Form unerträglich. Hiernach scheint
unwahrscheinlich, dass bei allen diesen zwischen den genuinen
der Lust und Unlust hin und her schwankenden Gefühlen der
nied ihrer Abhängigkeit von der Empfindungsstärke nur auf dem
den raschen Verlauf der Gefühlscurve beruht. Während im einen
Lust schon nahe über der Reizschwelle rasch auf ihr Maximum
m dann sofort zu sinken und in wachsende Unlustwerthe über-
, wie dies die punktirte Curve in Fig. 141 andeutet, mag in einem
Fall der ganze Verlauf weiter gegen die Reizhöhe verschoben und

[1] Fr. Lehmann, Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens. Leipzig 1892,

die Gegend um das positive Maximum viel ausgedehnter sein.
dieser Fälle wird bei solchen Empfindungen verwirklicht sein
bei wachsender Stärke der Reize sehr bald als unangenehme, d
bei solchen, die wir durchgängig als angenehme betrachten.

Eine eigenthümliche Ausnahmestellung nimmt unter diesen
Gefühlen das Schmerzgefühl ein. Wie die Schmerzempfin
von den Druck-, Temperatur- und andern Empfindungen, mit
sich verbinden kann, verschiedene und gelegentlich auch isolir
mende Empfindung ist, so ist die Gefühlsbetonung des Schmerzes
zu trennen von den Gefühlen, die etwa an andere begleitend
dungen gebunden sind. Eine sehr starke Druck-, Wärme- od
empfindung zeigt, auch ohne dass Schmerz hinzutritt, eine una
Gefühlsbetonung. Im normalen Zustand, bei Abwesenheit an
Zustände, pflegt aber die den Schmerz verursachende directe Re
Nerven schon einzutreten, ehe bei den Druck- und Temperat
dungen die Unlustgrenze erreicht ist. Hier pflegt dann das etwa
handene schwache Lustgefühl der Wärme oder auch das schon auf
punkt sinkende indifferente Gefühl eines Druckes vollständig
Schmerzgefühl übertäubt zu werden. Dabei ist zugleich das
gefühl das einzige sicher nachweisbare Beispiel eines Gefühls,
als verschiedengradiges Unlustgefühl, nie aber als Lustgefühl
Dies lässt sich wohl aus dem von allen andern Empfindungen
abweichenden Verhalten der Schmerzempfindungen erklären.
pfinden, wie früher (S. 436) bemerkt, Schmerz, wenn ein se
Reiz, sei es von außen stammend, sei es im Organismus e
bestimmte sensible Nerven trifft. Schmerzreize von minimal
gibt es also überhaupt nicht, sondern jede Schmerzempfindung
einer Stärke ein, die der Reizhöhe mehr oder minder nahe
von der an dann nur noch verhältnissmäßig geringe Intensitätsä
möglich sind. Hiernach kann man das Wachsthum einer Schme
dung durch eine sofort bei dem Punkte der Abscissenlinie mit b
positiven Werthen beginnende Empfindungscurve und demnach d
thum des Schmerzgefühls durch den bei e beginnenden negati
der Gefühlscurve versinnlichen. Da aber dieses Verhalten nur
oben erwähnten psychophysischen Bedingungen der Schmerze
entspringt, so lässt sich kein Einwand gegen die Allgemeingült
Satzes entnehmen, dass der an eine Empfindung gebundene G
sofern es sich um ein reines, an eine einfache Empfindung ge
Lust- oder Unlustgefühl handelt, entgegengesetzte Gefühlsphase
läuft. Uebrigens ist dieser Satz auf Gefühle, die an zusamm
-stellungen gebunden sind, natürlich nicht übertragbar. Da



on nur in sehr nebensächlicher Weise von der Stärke der Em-
gen, in erster Linie aber von der Art der Zusammensetzung ab-
so lässt sich in diesem Fall irgend eine regelmäßige Beziehung
ı der Intensität der in die Vorstellungen eingehenden Empfin-
und der Beschaffenheit der Gefühle überhaupt nicht aufstellen,
nämliche gilt annähernd schon von den einfachen Empfindungen
ıörs- und Gesichtssinnes, deren Qualitäten wahrscheinlich durch
ıtige Rolle, die sie in den zusammengesetzten ästhetisch wirkenden
ıngen spielen, einen Stimmungscharakter angenommen haben, der
ehr schlechthin auf Lust und Unlust zurückgeführt werden kann,
in andern, in gewissen Affecten deutlicher ausgeprägten Gegen-
einen adäquateren Ausdruck findet. Sinnliche Unlust wird daher
diesen Sinnesgebieten niemals durch die einfachen Ton- und
pfindungen selbst, sondern nur durch beigemengte Schmerzempfin-
hervorgerufen.

on sich auch, wie oben bemerkt, wegen der Unmöglichkeit einer
Messbarkeit der Gefühlsstärke, abgesehen von der allgemeinen Form
ihlscurve etwas Näheres über deren Verlauf bei wachsender Empfin-
ensität nicht aussagen lässt, so scheint mir doch aus den der gewöhn-
obachtung geläufigen Erscheinungen hervorzugehen, dass die in Fig. 141
ete punktirte Curve einigermaßen als ein Ausdruck des in den einfachsten
ı constatirenden normalen Verhältnisses des Gefühlstones zur Stärke der
ıng gelten dürfte. Vor allem kommt in dieser Curve die Thatsache
druck, dass das Maximum des Lustgefühls nur an einen eng begrenzten
von Empfindungsintensitäten gebunden zu sein pflegt. Ist dieses Maxi-
ch kein Punkt, so scheint es doch eine Strecke von verhältnissmäßig
Ausdehnung zu sein. In Folge des später zu besprechenden Einflusses
dauer der Empfindung auf den Gefühlston und anderer Einflüsse mag
ses Maximum bei einer und derselben Empfindung erheblich verschieben
unter constant gehaltenen Bedingungen, wie sie hier vorauszusetzen
ıeint aber der Umfang der Lustgefühle innerhalb einer gegebenen Scala
pfindungsstärken überhaupt relativ beschränkt zu sein und daher auch
tmaximum nur einen sehr kleinen Raum einzunehmen. Die Grenzen
ınerhalb deren uns das Saure, Salzige, Bittere u. s. w. ein Maximum
men Geschmacks erweckt, scheinen mir sehr enge zu sein. Der Weg
wenig zum zu viel ist z. B. nach den Erfahrungen der Kochkunst bei
haten an Salz, Säure, Gewürzen ein sehr kleiner. Wenn LEHMANN in
orzüglichen Arbeit über das Gefühlsleben zu dem entgegengesetzten Er-
kommt, und dem Maximum der Lust im allgemeinen in der Construc-
ıer Curve eine erhebliche Ausdehnung zuschreibt[1], so hat dies darin
Grund, dass er hierbei hauptsächlich die Empfindungen der beiden
Sinne berücksichtigt hat, die aber, wie ich glaube, aus den oben an-
en Gründen an und für sich wegen der großen Zahl anderer Momente,

[1] LEHMANN a. a. O. S. 181.

die den Eindruck bestimmen, keine maßgebende Bedeutung besitzen.
scheint es mir, dass auch in der Musik und Malerei überall da, wo n
übergehend ungewöhnlich starke Contrastwirkungen beabsichtigt sind,
sität der zur normalen ästhetischen Wirkung verwandten Eindrücke im
niss zur ganzen Ausdehnung der realen Empfindungsscala nur einen bes
Raum einnimmt.

Neben den zwischen Lust und Unlust sich bewegenden Gefühlen
er sich, abgesehen von dem soeben erwähnten Punkte, der oben g
Darstellung der Gefühlscurve anschließt, hat überdies LEHMANN n
sprünglich unlustbetonte Gefühle unterschieden, denen eine b
der Abscissenlinie verlaufende Curve entsprechen würde. Er stützt s
theils auf die Schmerzgefühle, theils aber auch auf solche unangeneh
mungen, die an zusammengesetzte Vorstellungen gebunden sind. Nun
oben ausgeführt, der Unlustcharakter der Schmerzgefühle nicht sowol
Gefühlen selbst, als in den besonderen psychophysischen Bedingu
Schmerzempfindungen begründet. Bei den zusammengesetzten Vors
aber ist überhaupt die Intensität der Empfindung von verschwinden
flusse auf den Charakter des Gefühls, und dieses lässt sich auch in de
Fällen nur gezwungen den Begriffen von Lust und Unlust subsumi
glaube, dass hier der aus der HERBART'schen Psychologie herüberge
Begriff der »Stärke einer Vorstellung« gegenwärtig immer noch eine
tigte Rolle spielt. Beim Anblick eines Hauses kann ich zweifellos den
Empfindungen, aus denen sich das Bild zusammensetzt, eine gewis
beilegen. Wie aber die Vorstellung als Ganzes neben der später zu
den, nur indirect und keineswegs eindeutig von der Intensität der in
gehenden Empfindungen abhängigen »Klarheit« im Bewusstsein, noch
zukommende »Stärke« besitzen und durch diese das von ihr abhängige
sche Gefühl in einer irgendwie zu deutlichem Ausdruck zu bringenden
Gesetzmäßigkeit bestimmen soll, begreife ich nicht. Von einer bestim
ziehung zwischen der Intensität des Eindrucks und dem Gefühlston k
ich glaube, nur bei den einfachen Empfindungen und bei diesen soga
denjenigen Fällen die Rede sein, wo der Haupteinfluss nicht von be
qualitativen Eigenschaften der Empfindung ausgeht.

Während Anfang und Ende der Gefühlscurve unzweideutig durch di
der Reizschwelle und der Reizhöhe gegeben sind, ist dies nicht so
beiden ausgezeichneten Punkten, die dem Maximum der positiven Lust
Indifferenzpunkte entsprechen. Doch lässt sich einiges über die wa
liche Lage derselben aussagen. So hat für den ersteren die
einige Wahrscheinlichkeit, dass er in der Nähe jenes *Cardinalw*
der Empfindung gelegen sei, wo die Empfindung proportional der
wächst[1]). Bei schwächeren Reizen wird nämlich in der Regel die
Größe der Empfindung zu klein sein, als dass sich ein Lustgefühl vo
chender Stärke damit verbinden könnte, bei intensiveren Reizen feh
der genügenden Abstufung in der Intensität der Empfindungen. D
diese beim Gefühl eine wesentliche Rolle spielt, geht aus der Unm
hervor, bei beharrender Empfindungsgröße auch dieselben Lustwerth
halten. Da nun der Gefühlston der Empfindung stets, wie wir sehen

1) Vgl. S. 404.

gewissen Dauer derselben abnimmt, so werden, wenn nicht abändernde mitwirken, im allgemeinen wohl diejenigen Reizstärken, die für den der Empfindungen die günstigste Bedingung darbieten, auch mit den Lustwerthen verbunden sein. Die Analogien aus dem Gebiet der zu- esetzteren Gemüthsbewegungen scheinen dies zu bestätigen. Für die kleiner Schwankungen des Glücks ist der am günstigsten gestellt, die Beglückung der Zunahme der äußeren Glücksgüter annähernd pro- ist. Unter dieser Grenze ist der absolute Werth der vorhandenen er zu klein, über ihr sind die unter gewöhnlichen Verhältnissen vor- en Schwankungen ihrer Werthe in ihrer relativen Größe zu unbe- um eine zureichende Befriedigung möglich zu machen. Darum bietet, Erfahrung aller Zeiten lehrt, eine mäßige Segnung mit Glücksgütern für ühl der Beglückung die günstigsten Bedingungen.

2. Abhängigkeit des Gefühls von der Qualität der Empfindung.

Empfindung besitzt einen von ihrer Qualität abhängigen Ge- der aber in allen den Fällen, in denen die Stärke der Em- dem oben erörterten Nullpunkte der Gefühlscurve entspricht oder nmt, von verschwindender Größe zu sein pflegt. Näher definiren dieser qualitativ bestimmte Gefühlston natürlich ebenso wenig, die Empfindungsqualität selbst definiren lässt. Aber jene e findet doch darin ihren Ausdruck, dass wir die Namen von , die uns solchen einfachen Gefühlen irgendwie verwandt er- , mit Vorliebe gerade auf die von der Qualität der Empfindung en Gefühlstöne übertragen. So reden wir von dem behaglichen einer mäßigen Wärme, von einem abscheulichen bitteren Ge- u. s. w. Vollständiger ausgebildet in dem subjectiven Eindruck wie in der sprachlichen Bezeichnung finden sich jedoch diese bestimmungen nur bei denjenigen sinnlichen Gefühlen, die zu- ls elementare Factoren ästhetischer Wirkungen vorkommen, und en vermöge der eigenthümlichen Entwicklung der betreffenden ie Abhängigkeit des Gefühls von der Intensität der Empfindung tiv geringer Bedeutung wird. Die Empfindungen der beiden ob- Sinne, des Gehörs- und des Gesichtssinnes, die bei der obigen hung fast ganz außer Betracht bleiben mussten, sind daher um- die einzigen Sinnesgebiete, auf denen sich die Beziehungen zwi- npfindungsqualität und Gefühlston eingehender untersuchen lassen. er den Schallempfindungen bieten vorzugsweise die Tonhöhen ngfarben Anlass zu mannigfachen Gefühlen. Das mit der Ton- erbundene Gefühl lässt nach den Gemüthslagen, denen es ent-

spricht, nur eine sehr allgemeine Bestimmung zu. Tiefe Töne
uns dem Ernst und der Würde, hohe Töne der Heiterkeit
Scherz einen Ausdruck zu geben, während die mittleren Höhen
scala mehr einer gleichförmig angenehmen Stimmung entsprechen [1].
faltiger sind die Gefühle, die sich an die Klangfarbe anschließ
wie die letztere auf eine Mehrheit von Tönen zurückgeführt werd
so scheint es möglich, auch das begleitende Gefühl aus jene
charakteren der Stimmung abzuleiten, welche der wechselnden
innewohnen. Diejenigen Klangfarben nämlich, bei denen der
rein oder nur mit den nächsthöheren Obertönen verbunden ist,
die von den Flötenpfeifen der Orgel hervorgebrachten Klänge,
Ausdruck ernsterer Stimmungen angepasst, wogegen solche Kla
welche auf dem starken Mitklingen hoher Obertöne beruhen,
Klänge der meisten Streich- und Blasinstrumente, mehr den he
leidenschaftlich angeregten Gemüthslagen entsprechen. Wo der
Klangfarbe hervorgerufene Gefühlston mit demjenigen in Wi
steht, welcher der Tonhöhe der Klänge verbunden ist, da kön
Gefühle von eigenthümlicher Färbung bilden, deren Wesen eben
Contraste der Empfindungen beruht. Sie liegen jenen zwi
Stimmungen zu Grunde, welche die Sprache in ihren äußerste
metaphorisch als Zerrissenheit des Gemüths bezeichnet, währ
mäßigeren Werthe die verschiedensten Färbungen melancholischer
darstellen. Diese Gefühle finden daher zuweilen in den Klangfa
Streichinstrumente von geringer Tonhöhe ihren adäquaten Ausdru
anders gestaltet sich unter denselben Bedingungen der Gefühls
des Klangs, wenn dieser, wie bei den Blechinstrumenten, gleichz
bedeutende Stärke besitzt. Hier gewinnt der Klang den Charak
gischer Kraft. Wo der Grundton überwiegt, wie beim Horn, da
dann diese Kraft durch Ernst gedämpft und kann, bei sinkend
stärke, selbst bis zur Schwermuth herabgedrückt werden. Z
lautesten Ausdruck kommt jenes Kraftgefühl bei dem von hell schm
Obertönen begleiteten Schall der Trompete. Ernst mit gewalt
gepaart klingt endlich in den Tonmassen der Posaune und de
an. Natürlich kann übrigens ein und derselbe Klang durch w
Stärke mehr dem einen oder dem andern Gefühlston angepasst
Dabei kommt in Betracht, dass sich mit der Stärke immer au
die Klangfarbe verändert, da bei wachsender Klangstärke die
Obertöne stärker mitklingen. Gehoben wird endlich die Wirku

[1] Deutlicher als unser tief und hoch enthalten die griechisch-latein
nennungen βαρύ, grave, und ὀξύ, acutum, die Hinweisung auf diese Bedeutung

iltnisse der zeitlichen Dauer der Klänge. Der langsame Wechsel
eren gibt den ernsten und schwermüthigen, der schnelle den
und gehobenen Stimmungen Ausdruck, daher die langsame
vegung die Wirkung der tiefen, die rasche diejenige der hohen
verstärkt. Diese Verbindung wird überdies durch die physio-
Bedingungen der Tonauffassung begünstigt, indem langsame Ton-
ngen im Ohr nicht so rasch gedämpft werden als schnelle und
eine längere Nachdauer der Erregung zurücklassen, welche den
Wechsel der Empfindungen erschwert.

Charakter solcher Klänge, die von hohen Obertönen begleitet
winnt nicht selten dadurch eine eigenthümliche Beschaffenheit,
zelne dieser höheren Partialtöne mit einander Schwebungen
nd Dissonanz erzeugen. Wo auf diese Weise die Dissonanz
n Klang begleitet, dessen überwiegende Bestandtheile consonant
fügt sie der sonstigen Wirkung die Eigenschaft einer gewissen
hinzu, die in dem raschen Wechsel der dissonirenden Klang-
neile ihren unmittelbaren sinnlichen Grund hat. Diese Unruhe
er natürlich verschiedene Färbungen annehmen, die sich nach
tigen Natur des Klanges richten. Hat letzterer einen sanfteren
r, so liegt in der Dissonanz der höheren Partialtöne das sinnliche
einer melancholisch-zerrissenen Gemüthsstimmung; starken Klängen
ch dagegen die Stimmung ungeduldiger Energie mit. Derselbe
r der Unruhe gelangt zur vorherrschenden Wirkung bei disso-
Zusammenklängen, bei welchen jene wechselseitige Störung,
vorigen Fall nur einzelne Partialklänge betroffen hat, über eine
langmasse sich ausdehnt. Wenn solche unruhige Stimmungen
t stark ausgedrückt werden sollen, so bedient sich daher die
che Musik dissonanter Zusammenklänge. Dabei verlangt die
lische Stimmung, wie überhaupt eine getragenere Tonbewegung,
langsamere Schwebungen, denen dann zugleich die hierbei nicht
ntstehenden tiefen Stoßtöne ihren eigenthümlichen Charakter mit-
können, während den energischeren Gemüthsbewegungen, die
sch bewegliche Klangmassen musikalisch geschildert werden, die
geräuschähnliche Dissonanz entspricht. Aber da alle ästhetische
der Befriedigung zustrebt, so verlangt die Dissonanz in allen
ne Auflösung in consonante Zusammenklänge, welche in harmo-
Verhältnissen stehen. Doch ist die Consonanz, wie schon früher[1])
et wurde, mehr als eine bloß aufgehobene Dissonanz, indem sie
ives Erforderniss das Zusammentönen verwandter Klänge voraus-

te 470.

setzt. Consonanz und Harmonie gehören daher dem Gebiet der ästh
Gefühle an, während die Rauhigkeit des Klangs ein sinnliches Ge
das aber, wie alle sinnlichen Gefühle der höheren Sinne, zum
ästhetischer Wirkung werden kann[1]).

Gewisse musikalische Instrumente erlangen durch bestimmte Obertön
sächlich ihre charakteristische Klangfarbe. So scheint der eigenthümlich
Ton der Viola und Clarinette davon herzurühren, dass wegen der Dim
der Resonanzräume oder Ansatzröhren, in denen die Luft schwingt, d
radzahligen Partialtöne vorzugsweise stark sind. Bei den Saiteninstrumen
es zum Theil in der Willkür des Spielenden, welche Obertöne er stä
anklingen lassen, da dies von der Stelle abhängt, an welcher die Sa
schlagen oder gestrichen wird[2]). Werden durch die Art des Ansch
die geradzahligen Partialtöne hervorgehoben, so entsteht eine eigenthüm
und klimpernde Klangfarbe. Beiden Arten von Klängen, denen mit
zahligen wie denen mit geradzahligen Partialtönen, scheint etwas zu fehl
man sie mit dem vollen, abgerundeten Klang solcher Instrumente verglei
wie z. B. die Zungenpfeifen der Orgel, alle Obertöne in mit ihrer Höh
mender Stärke hervorbringen, daher auch solche in ihrer Klangfarbe
Instrumente hauptsächlich in der Orchestermusik zur Anwendung kom
sie in begleitenden Klängen anderer Färbung ihre Ergänzung finden
minder ungenügend erscheint uns die Wirkung jener musikalischen
denen alle Obertöne fehlen, die also dem reinen Ton sich annäh
dies z. B. bei den Klängen der Labialpfeifen der Orgel und der Flöte der
Solche Klänge eignen sich zwar durch ihre gleichmäßige Ruhe meh
andern zur sinnlichen Grundlage einfacher Schönheit, aber es fehlt ihnen
die Mannigfaltigkeit des Ausdrucks, die eine wesentliche Bedingung äs

1) Ueber die Ursachen der Gefühle der Consonanz und Harmonie vgl
und XIV.

2) Wird z. B. eine Saite an der Stelle angeschlagen, wo ihr erstes Drit
zweite übergeht, so kann sich an dieser kein Schwingungsknoten bilden, es f
der zweite Oberton, der je 3 Schwingungen auf eine des Grundtons hat, hin
ebenso werden die höheren ungeradzahligen Partialtöne schwächer. Wird
dagegen in ihrer Mitte angeschlagen, so fällt der erste Oberton, die Octave d
tons hinweg, und die geradzahligen Partialtöne werden geschwächt. Wird
nahe der Mitte angeschlagen, so klingen vorzugsweise die tiefsten Partial
wird die Anschlagstelle möglichst an das Ende verlegt, so werden dadurch
verstärkt. Bei den Streichinstrumenten sind darum die tiefen Partialtöne stär
man nahe dem Griffbrett, die hohen, wenn man nahe dem Stege streicht. D
teren Fall zugleich die Klangstärke größer ist, so wird im allgemeinen für
die erste, für das Forte die zweite Art des Bogenansatzes gewählt. Deshalb
Forte der Violine die hohen Obertöne verhältnissmäßig viel stärker, das Pia
sich mehr dem einfachen Ton ohne Klangfarbe. Am Clavier ist die Anschlag
Hammers so gewählt, dass der siebente Partialton (oder sechste Oberton) hi
außerdem sind bei diesem Instrument die tiefen Noten von stärkeren Ober
gleitet als die hohen, weil bei den letzteren die Anschlagstelle des Hammer
hältniss zur ganzen Saitenlänge nicht so nahe an das Ende fällt. Bei den Stre
menten ist die Stärke der Partialtöne endlich noch wesentlich von der Res
Kastens abhängig, dessen Eigenton einem der tieferen Töne des Instruments
Bei den hohen Noten wird daher in diesem Fall hauptsächlich der Grundt
die Resonanz verstärkt, bei den tiefsten Tönen werden mehr die Obertöne
gl. ZAMMINER, Die Musik und die musikalischen Instrumente. Gießen 1855,

ng ist[1]). Die ruhige Befriedigung des einfach Schönen kommt da erst zur Geltung, wo sich solche aus dem Widerstreit mannigfacher Gemüths- ;ungen entwickelt. Hierin liegt wohl das Geheimniss der Thatsache, dass en Instrumenten mit scharf ausgesprochener Klangfarbe das Solospiel seinen n Erfolg dann erringt, wenn es ihm gelingt, die Klangfarbe fast ganz zu inden, indem es dem widerstrebenden Werkzeug die Reinheit des ein- Tons entlockt. Aber der Zauber des Spiels verschwindet sogleich, wenn, ei der Flöte, das Instrument von selbst und in unveränderlicher Weise ıfachen Töne hervorbringt. Die Alten scheinen in dieser Beziehung anders t zu haben als die Neueren: ihnen, denen die Flöte das preiswürdigste nent schien, war auch hier das einfach Schöne für sich genug; wir ver- , dass es sich erst aus dem Conflict widerstrebender Gefühle herausarbeitet; eueren gilt daher die Violine als die Königin der Instrumente. Bei ihr alle Bedingungen zusammen, um sie zum Ausdrucksmittel der mannig- en Stimmungen zu befähigen: bedeutender Umfang der Tonhöhen, größte ung der Klangstärke, verbunden mit der Möglichkeit, den Ton langsam asch an- und abschwellen zu lassen, endlich die verschiedensten Schat- en der Klangfärbung je nach Ort und Art des Anstrichs. Kein Instrument daher so unmittelbar wie sie der Gemüthsbewegung des vollendeten rs.

)er Gefühlston der Lichtempfindungen ist theils vom Farbenton von der Lichtstärke und Sättigung abhängig. Hiernach bilden die äten des Gefühls eine Mannigfaltigkeit, welche sich in einer durchaus System der Lichtempfindungen entsprechenden Weise nach drei Di- onen erstreckt. Zunächst entsprechen daher den Polen des Weiß chwarz auf der Farbenkugel (Fig. 131, S. 504) entgegengesetzte sinn- Gefühle, dem Schwarz der Ernst und die Würde, dem Weiß die en, lebensfreudigen Stimmungen. Zwischen beiden schwebt das Grau usdruck einer zweifelhaften Gemüthslage. Das sinnliche Gefühl, das n die reinen Farben knüpft, verschaffen wir uns am ehesten in voll- en einfarbiger Beleuchtung, also z. B. beim Sehen durch farbige r, wo, wie GOETHE treffend sagt, man gleichsam mit der Farbe iden- wird, indem sich Auge und Geist unisono stimmen[2]). Die Thatsache, die Farben eine in sich zurücklaufende Reihe bilden, spricht sich in dem Gefühlston derselben aus, indem die größten Gegensätze des ls auf den gegenüberliegenden Hälften des Farbenkreises sich finden, 'urpur aber und das ihm complementäre Grün unter den reinen n die Uebergänge zwischen beiden Gefühlsseiten vermitteln. Die ntöne von Roth bis Grün hat GOETHE als die Plus-Seite, diejenigen

[1]) Natürlich schließt dies nicht aus, dass solche reine obertonfreie Klänge für ne musikalische Zwecke in bevorzugter Weise geeignet sein können. Zumeist lann gerade der Gegensatz zu den volleren Klängen, dem sie, als Symbole voll- r Reinheit der seelischen Stimmungen, ihre Wirkung verdanken.

[2]) GOETHE's Farbenlehre § 763. Werke letzter Hand, LII, S. 311.

von Grün bis Violett als die **Minus-Seite** des Farbenrings be[illegible]
um damit anzudeuten, dass jenen ein erregender, diesen ein he[illegible]
mender Gefühlston innewohne[1]). Da die Unterschiede des Gefü[illegible]
gemein mit den Unterschieden der Empfindungen zunehmen, so
zunehmen, dass sich auch hier diejenigen Farben am meisten
scheiden werden, zwischen denen innerhalb des Farbenkreises di[illegible]
Zahl von Abstufungen liegt. Unter den Hauptfarben bieten [illegible]
wie auch Goethe erkannt hat, **Gelb** und **Blau** den größten Unt[illegible]
des Gefühls. Das zu Gelb complementäre Violett hat schon et[illegible]
der aufregenden Stimmung des Roth an sich. Gelb wird daher [illegible]
Malern vorzugsweise als die warme, Blau als die kalte Farbe beze[illegible]
Das Grün hält auch nach seinem Gefühlston die Mitte zwischen G[illegible]
Blau: es ist die Farbe der ruhig heitern Stimmung, die wir des[illegible]
ehesten als dauernde Umgebung ertragen. Während so den drei [illegible]
Hauptfarben des Spektrums Gefühle entsprechen, welche die si[illegible]
Grundlagen einfacher Gemüthsstimmungen, der einfachen Anregu[illegible]
Beruhigung sowie des Gleichgewichts zwischen beiden, bilden,
die Endfarben den unruhigen, aufgeregteren Stimmungen an, wo[illegible]
der allgemeine Charakter der Plus- und Minusseite erhalten ble[illegible]
ist das Roth die Farbe energischer Kraft. Bei großer Lichtstärk[illegible]
ihm mehr als irgend einer andern ein aufregendes Gefühl inne, w[illegible]
bekanntlich Thiere und Wilde durch eine blutrothe Farbe gereizt [illegible]
Bei geringerer Lichtstärke dämpft sich sein Gefühlston zu Er[illegible]
Würde herab, ein Charakter, den es noch vollständiger im Pur[illegible]
nimmt, wo es zu den Farben der ruhigeren Stimmung, Violett od[illegible]
übergeht. Das Violett endlich zeigt, entsprechend seiner gleic[illegible]
Verwandtschaft zu Blau und Roth, einen Zug düsteren Ernstes u[illegible]
unruhig sehnenden Stimmung, der auch dem Indigblau schon t[illegible]
zukommt.

Die Wirkung der reinen Farben kann nun in entgegengesetzt[illegible]
modificirt werden, je nachdem entweder durch die Beimengung v[illegible]
ihre Sättigung abnimmt, oder aber in Folge der verminderten Lic[illegible]
sie sich dem Schwarz nähern. Beiden Veränderungen entspreche[illegible]
ficationen des Gefühls, die sich im allgemeinen als eine Combina[illegible]

1) Farbenlehre 6. Abth. S. 309 ff. Vgl. auch Fechner, Vorschule der [illegible]
Leipzig 1876, II, S. 212 ff. Alfr. Lehmann, Farvernes elementäre Aesthetik. (E[illegible]
Aesthetik der Farben.) Kopenhagen 1884.

2) Um sich von der gegensätzlichen Wirkung beider Farben zu überze[illegible]
schon Goethe die Betrachtung einer Winterlandschaft abwechselnd durch [illegible]
und durch ein blaues Glas empfohlen. Dass übrigens hierbei neben der unm[illegible]
Wirkung der Farben zweifelsohne auch Associationen wirksam sind, werden [illegible]
erörtern.

; des reinen Weiß und Schwarz mit derjenigen der betreffenden
etrachten lassen. So wird die aufregende Wirkung des Roth durch
erte Sättigung im Rosa zu einem Gefühl gemildert, dass an den
ıfgeregter Freude erinnert. In dem weißlichen Violett oder Lila
der melancholische Ernst des dunkeln Violett zu einer sanften
ıuth ermäßigt, und im Himmelblau hat die kalte Ruhe des ge-
Dunkelblau einer ruhigen Heiterkeit Platz gemacht. Nicht minder
erregende Stimmung des Gelb durch den Zusatz von Weiß zu
ıigeren Lustgefühl ermäßigt, das der Empfindung des Sonnen-
ntspricht, und das Grün verliert durch verminderte Sättigung von
ıusgleichenden Charakter, indem sich etwas von der erregenden
des Hellen ihm beimengt. Dagegen nehmen alle Farben, die an
sich einen ernsten Charakter tragen, wie Roth, Violett, Blau, und
s Grün, insofern es durch seine Zwischenstellung zum Ausdruck
ı Ernstes befähigt wird, mit verminderter Lichtintensität an Ernst
drucks immer mehr zu. Nur beim Gelb wirkt die Lichtabnahme
als ein Gegensatz zu der an und für sich dem weißen Lichte
ten Stimmung der Farbe. So erhält denn das dunkle Gelb und
gleichende spektrale Orange einen Ton gedämpfter Erregung, der,
ie Lichtabnahme noch weiter geht, im Braun schließlich einer
utralen Stimmung weicht. Dies ist offenbar der Grund, weshalb
en dem gesättigten Grün, der einzigen eigentlichen Farbe, der
lich neutrale Bedeutung zukommt, und dem Grau, das zwischen
gegengesetzten Stimmungen von Weiß und Schwarz in der Mitte
ch das Braun als Farbe derjenigen Gegenstände wählen, die uns
end umgeben. Aber unter diesen dreien nimmt die Indifferenz
nmung zu mit dem Verlust des entschiedenen Farbencharakters.
n, obgleich in der Mitte stehend zwischen dem erregenden Gelb
ı beruhigenden Blau, entbehrt darum doch nicht des Ausdrucks,
in ihm wird eben jenes Gleichgewicht des Gefühls zwischen Er-
ınd Ruhe selber zur Stimmung. Viel gleichgültiger ist schon das
ınd völlig verloren gegangen ist der Gefühlscharakter der Farben-
dem Grau. Braun und Grau wählen wir daher als Farben unserer
;, unserer Tapeten und Möbel, so recht eigentlich in der Absicht
amit auszudrücken.

ın mehrere Farben neben einander auf das Auge einwirken, so
t der wechselseitige Einfluss, den sie auf einander ausüben, mit
ofindung auch das sinnliche Gefühl[1]). Wird durch den Contrast
be gehoben, so muss damit der ihr beiwohnende Gefühlston eben-

;l. die Contrasterscheinungen Cap. IX. S. 518 ff.

falls verstärkt werden, und das entgegengesetzte tritt ein, wenn
eindrücke sich schwächen. Die beiden gegen einander um 180°
Farbenkreise in Fig. 133 (S. 522) veranschaulichen daher auch d
der Farbenwirkung, indem die gegenseitige Hebung der Farben
zusammentreffenden Complementärfarbenpaare am größten ist und
dem Lageunterschied der einander inducirenden Farben mehr u
vermindert. Analog dem Farben- wirkt der Helligkeitscontrast,
weder mit dem ersteren sich verbinden oder aber verschieden
keitsstufen einer und derselben Lichtqualität in ihrem Eindr
stärken kann[1]).

Die Gefühle, welche sich an die Schall- und Lichtempf
knüpfen, bewegen sich zwischen Gegensätzen, wie alle Gefühle.
einander entgegengesetzten Zustände können hier nicht mehr, wie
niedrigeren Sinnesempfindungen, einfach als Lust und Unlust b
werden. Wenn durch tiefe Töne Ernst und Würde, durch hohe
und heiteres Spiel ausgedrückt werden, wenn dem Roth und
aufregender, dem Blau ein beruhigender Gefühlston innewohnt,
dies Gegensätze, die sich den Begriffen Lust und Unlust kaum me
ordnen lassen. Allerdings fehlt der Schall- und Lichtempfind
dieser Gegensatz nicht, aber er tritt doch bei Empfindungen von
Stärke hinter der sonstigen Qualität der Gefühle zurück. Da
Tast- und Gemeinempfindungen überhaupt von qualitativ einförn
schaffenheit sind, so ist es begreiflich, dass auch die an sie ge
Lust- und Unlustgefühle nur geringe qualitative Färbungen
lassen. Dazu kommt, dass durch den Einfluss des Selbstbewusst
die Gemeingefühle die starke Ausprägung des Gegensatzes zwisc
und Unluststimmungen begünstigt wird, wie wir unten noch sehe
Das nämliche gilt im wesentlichen vom Geruchs- und Geschm
welche zwar, entsprechend der größeren Mannigfaltigkeit ihrer Q
verschiedenartigere Gefühlsfärbungen zulassen, bei denen aber
die subjective Beziehung der Gefühle im Vordergrunde steht.
Tönen und Farben erst wird der an die Qualität geknüpfte G
selbständiger, während sich zugleich der Gegensatz der Lust- un
stimmung beinahe bis zum Verschwinden ermäßigt. Nur eine
Beziehung bleibt noch darin erhalten, dass der ernste Charakter
den tiefen Klängen und dem Schwarz innewohnt, mehr an ei
gefühl, der erregende, der den hohen Klängen und dem Weiß
an ein Lustgefühl anklingt. Es scheint, dass eine solche Bezie

1) A. Kirschmann, Phil. Stud. VII, S. 362 ff. Vgl. hierzu Cap. XIV.

rünglichere Stufe der Sinnlichkeit noch lebendiger ist als für
twickeltes Bewusstsein, da bei Kindern und Wilden das Gefühl
und Dunkel, für hohe und tiefe Töne weit mehr in den unmittel-
rmen der Lust und Unlust sich äußert. Der Umstand aber, dass
lsqualitäten der höheren Sinne sich fast vollständig von diesen
en befreien, macht sie gerade geeignet zu Elementen der ästhe-
Wirkung zu werden. Denn diese kann sich mit einem
enen Gefühl sinnlicher Unlust schlechterdings nicht vertragen,
verlangt als elementare Factoren Gefühle, welche sich in den
hsten Abstufungen zwischen Gegensätzen bewegen, die in dem
en Rahmen einfacher sinnlicher Lust noch eingeschlossen sind
nur ausnahmsweise, um durch gewisse Contraste die Wirkung
rken, aus demselben heraustreten. Es ist nun aber höchst be-
erth, dass sich auch solche an gewisse Sinnesqualitäten gebun-
ihlsformen, die den Begriffen der Lust und Unlust nicht einfach
dnen sind, immerhin zwischen Gegensätzen bewegen. Dies be-
ss der Gegensatz mit seiner Vermittlung durch eine Indifferenz-
chgültiger Stimmung ein dem Gefühl wesentlich zukommendes
st.

uere Rechenschaft geben kann man natürlich über die Natur dieses
es nur da, wo die Einordnung der Sinnesqualitäten in ein Continuum
so bei den Schall- und Lichtempfindungen. Bei beiden verhalten sich
lsgegensätze wesentlich verschieden. In der Tonreihe, die nur eine
besitzt, ist auch nur ein Gegensatz mit einer Vermittlung möglich:
satz der tiefen und hohen Töne mit ihrem Gefühlscontrast des Ernstes
Heiterkeit, zwischen ihnen die mittleren Tonhöhen als Vertreter der
eichmüthigen Stimmung. Wesentlich erweitert wird aber der Gefühls-
er Schallempfindungen durch den Klang, in dem sich eine ab-
Iannigfaltigkeit einfacher Töne zu einem einzigen Eindruck verbindet.
lang aus Tönen besteht, so muss auch die Gefühlsfärbung, die ihm
in die einfachen Gefühlsformen der Töne aufzulösen sein. Aber das
Klangwirkung liegt darin, dass in ihm nicht bloß die Stimmung, die
Tone verbunden ist, dadurch gehoben werden kann, dass sich nur
en Obertöne zum Grundton hinzugesellen, sondern dass außerdem
ihle entstehen, indem namentlich bei der Verbindung hoher Obertöne
Grundtönen contrastirende Elementargefühle sich zu eigenthümlichen
en vereinigen können. So entsteht eine Reihe sich durchkreuzender
e, welche das in Fig. 142 dargestellte Schema anzudeuten sucht.
eser Ton- und Klanggegensätze entsprechen Contraste des Gefühls, die
durch vermittelnde Zwischenstufen einem Indifferenzpunkt sich nähern,
sie in einander übergehen. Den tiefen Tönen und Klangfarben zur
ite entsprechen die ernsten, den hohen zur rechten die heiteren Stim-
bei größerer Klangstärke sind alle Stimmungen mit einem gehobenen,
en, bei geringerer Klangstärke mit einem gedämpften, sanften Gefühlston

verbunden. Da sich zwischen den hier herausgegriffenen Strahlen
lichen Uebergänge denken lassen, so kann man sich vorstellen, alle
Klangfarbe bestimmten Gefühlstöne seien in einer Ebene angeordnet, d
Dimension, dem Continuum der einfachen Töne entsprechend, die Con
Ernst und Heiterkeit mit ihren Uebergangsstufen enthalte, während d
welche die Stärke der Theiltöne abmisst, die Gegensätze des Energis
Sanften vermittelt. Mit diesen vier Ausdrücken möchten in der Tha
Elementargegensätze musikalischer Wirkung, so weit sie in Worten sich
lassen, bezeichnet sein.

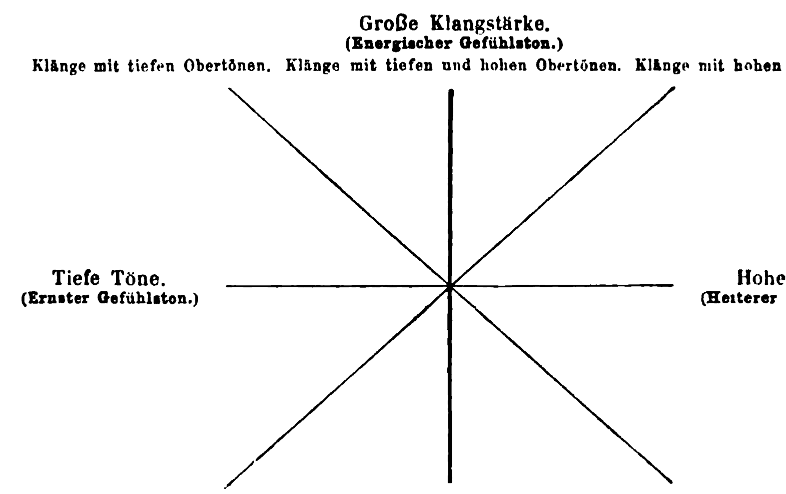


Fig. 142.

Die Reihe der einfachen Farben unterscheidet sich von der Tonreih
lich dadurch, dass sie, wie die Farbenempfindungen eine in sich zurüc
Linie bilden, so auch zwei Uebergänge des Gefühlstones enthält, o
den Farben selbst wie bei den Tönen nur ein einziger Gegensatz
mung existirt, der einerseits im Gelb, anderseits im Blau am stärk
geprägt zu sein scheint. Dieser Gegensatz ist der der Lebhaftigkei
Ruhe. Es ist eigenthümlich, dass wir uns gerade bei den Farben,
doch die Bewegung oder zeitliche Dauer nicht in der Weise wie bei
für das Gefühl mitbestimmend wird, zu diesen von der Bewegung e
Bezeichnungen gedrängt sehen. Zwischen dem Gelb und dem Blau gi
zwei Uebergänge: einen durch das Grün, den andern durch die
Farbentöne, das eigentliche Roth, Purpur und Violett. Beide Uebergän
nun eine sehr verschiedene Bedeutung für das Gefühl. In dem Roth
ihm verwandten Farben ist die Bewegung des Gelb und die Ruhe de
einem zwischen Bewegung und Ruhe hin- und herwogenden Zustand
ruhe geworden. Diese Vermittlung durch den Zwiespalt ist am de

ɔlaurothen Farbentönen, wie im Violett, repräsentirt. Das Grün da-
ückt ein wirkliches Gleichgewicht aus. Gegenüber dem erstarrenden
l dem erregenden Gelb verbreitet es ein befriedigendes Ruhegefühl.
Gefühlston hat also der doppelte Uebergang der Farbenreihe seine Be-
darin, dass der eine, der durch die Mischfarbe des Purpur, die Gegen-
einem dissonirenden Gefühle mischt, der andere, der durch das ein-
ün, sie in ein harmonisches Gleichgewicht setzt. So hat auch diese
Ausgleichung in einer allgemeinen Eigenthümlichkeit des Gefühls ihren
die schon bei der Klangwirkung, wenngleich in anderer Weise, zur
kommt: nämlich in der Existenz zwiespältiger oder dissoniren-
ihle. Zwischen je zwei Gegensätzen des Gefühls gibt es einen In-
ɔunkt der Gleichgültigkeit; gewissen Gemüthszuständen ist es aber
ss in ihnen das Gefühl fortwährend zwischen jenen Gegensätzen hin-
chwankt. Das ruhige Beharren auf dem Indifferenzpunkt ist ein sta-
das unruhige Oscilliren zwischen beiden Lagen ein labiles Gleichge-
s Gemüths. Es gibt vielleicht keine zwei Gefühlsgegensätze, zwischen
icht solche Zustände des labilen Gleichgewichts vorkommen. Aber
ılich sind die Zustände dieser Art an solche Empfindungen gebunden,
die Bedingungen zu einem Contrast des Gefühls unmittelbar in sich
So geben unter den Klängen vorzugsweise jene einer zwiespältigen
g Ausdruck, deren eigenthümliche Klangfarbe auf dem Nebeneinander
undtöne und hoher Obertöne beruht. Aehnlich verhält es sich mit
eneindrücken. Während das reine Grün die Farben, zwischen denen es
rgang bildet, in sich nicht mehr neben einander enthält, erscheint uns
tt und der angrenzende Theil des Purpur aus Blau und Roth, also aus
on contrastirendem Gefühlston gemischt. Bringen wir hiernach die
ı Farben mit den einfachen Tönen in Parallele, so begegnet uns in
ıf den ihnen beiwohnenden Gefühlston der nämliche Unterschied, der
der reinen Qualität der Empfindungen darstellte. Zwar existirt bei den
wie bei den Tönen, nur ein einziges Gegensatzpaar, aber da zwischen
dern dieses Gegensatzes zwei Uebergänge möglich sind, einer, der den
z in einem einfachen Zwischengefühl aufhebt, und ein zweiter, der
h ein contrastirendes Gefühl vermittelt, so kann die Reihe der einfachen
nicht mehr durch eine gerade Linie, sondern nur durch eine geschlossene
argestellt werden. Mit Rücksicht auf ihre Bedeutung als Uebergangs-
gen wird hierbei dem Grün angemessener das Violett als das Purpur
rzustellen sein, und es werden dem entsprechend Roth und Indigblau,
l Blau einander gegenüber zu liegen kommen; das Purpur hat dann
Stimmungscurve der Farbentöne nur die Bedeutung eines Roth, das
urch Violett modificirt ist. Um die verschiedene Weise des Uebergangs
Plus- zur Minus-Seite anzudeuten, wählen wir wieder die Darstellung
dem Dreieck sich nähernden Figur: die gerade Grundlinie entspricht
trastirenden Uebergang durch Violett, der an Stelle der Spitze gelegene
em ruhigen Uebergang durch Grün (Fig. 143). Denken wir uns die
ninderten Sättigungsgraden der Farben bis zum Weiß entsprechenden
ähnlich angeordnet, so bilden sie alle zusammen die von der Farben-
mschlossene Ebene, in welcher der Punkt des Weiß die indifferente
g bezeichnet, wie sie die einfache, weder durch besondere Stärke oder
e des Lichts noch durch einen Farbenton modificirte Lichtempfindung

hervorbringt. Rings herum liegen die matteren und darum durch Uebergänge vermittelten Gefühlstöne der weißlichen Farben. Aber Stimmungen, welche die Farben und ihre Sättigungsgrade hervorbring men dann noch die an die Intensitätsgrade des Lichts sich knüpfenden Zwischen den Gegensätzen des Hellen und Dunkeln, zwischen denen bewegen, gibt es nur den einen Uebergang durch eine mittlere welcher der indifferenten Stimmung entspricht. Hier also liegen die lichen Gefühle an den Enden einer Geraden. So bietet sich auch Gefühlstöne der Farben die Construction in einem körperlichen Gebilde Hell und Dunkel die beiden Endpole bilden. Ein einfacher Ueber Gefühls durch einen einzigen Indifferenzpunkt findet nur für die Farbentönen begleitete Lichtempfindung statt, welche durch die körperlichen Gebildes dargestellt wird (vgl. Fig. 131, S. 504). Für je gibt es also drei Uebergänge der Stimmung zu einer Farbe von en setztem Gefühlston: der harmonische durch das ruhige Grün, der cont durch das zwiespältige Violett und der indifferente durch das gle Weiß. Zwischen den Gegensätzen der Helligkeit, dem ernsten Dunkel heiteren Lichte, existirt da der eine Uebergang durch differente Weiß von mittler keit. Indem die Lichtst Farben zu- oder abnehm können diese auch an den tönen der Helligkeit Theil Aber dabei vermindert sic Maße als die Lichtstärke st sinkt der Umfang des der Farbenreihe mögliche mungswechsels, der ha und der contrastirende rücken immer näher z

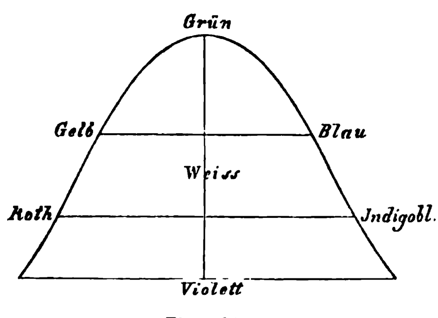


Fig. 148.

bis mit der Erreichung des dunkeln oder hellen Pols der Empfin Farbengefühl völlig erlischt. Während demnach in der Ton- und alle Gefühle sich zwischen geradlinig gegenüberliegenden Gegensä wegen, so dass selbst contrastirende Gefühle nicht als Vermittelung dern immer nur an einem Ende eines Gegensatzes zu finden sind[1], den Lichtempfindungen nur das Helle und Dunkle ähnlich gegenübe Pole, die dem Gegensatz der hohen und tiefen Töne auch insofern an als sie ungefähr ähnliche Stimmungen, das Ernste und Heitere, au Für das Gefühl entsprechen also die Gegensätze der Intensität des Lichtes dem Gegensatze der Tonhöhen; dagegen werden Stimmungen Klangfarben einigermaßen analog sind, vielmehr durch die einfache ausgedrückt, wie dies die Namen Klangfarbe und Farbenton im Grun andeuten. Auch darin besteht eine gewisse Analogie, dass man sich fühlstöne der Klangfarben wie die der Farben und ihrer Sättigung einer Ebene dargestellt denken kann, in deren Mitte irgendwo ein In

1) Rechts unten in Fig. 142, bei den Klängen mit hohen Obertönen und vo Klangstärke.

ichgültiger oder neutraler Stimmung liegt, während sich nach der
hin die größten Gegensätze des Gefühls befinden. Aber die ein-
ne bilden hier nicht, wie das Hell und Dunkel, eine neue Dimension,
ur Klangfläche hinzutritt, sondern die Hauptaxe der letzteren. Denn
he Ton ist jener Klang, der durch die größte Tiefe begleitender Ober-
auszeichnet, ein Grenzfall, der erreicht ist, wenn die Obertöne über-
schwinden. Ferner kommt die Intensität des Klangs für die Gefühls-
desselben unmittelbar in Betracht. Sie bestimmt die eine Richtung
ls ebenso wie die Beschaffenheit der Theiltöne die andere. Stärke
äche des Klangs, Tiefe und Höhe des Tons bedingen zunächst zwei
e des Gegensatzes, die sich zu vier erweitern, wenn man die Haupt-
de der Klangfärbung, die Verbindung mit tiefen oder mit hohen Ober-
doppelter Lage hinzunimmt (Fig. 142). Denkt man sich die äußersten
ieser Gegensätze durch eine geschlossene Curve vereinigt, so ist von
nkt derselben, ähnlich wie von jedem Punkt der Farbencurve, ein
Fortschreiten möglich, vor- und rückwärts in der Peripherie der
e und gegen die gleichgültige Mitte hin. Die Stelle der contrastiren-
le liegt aber bei denjenigen Klängen, die hohe und mäßig hohe
mit geringer Klangstärke verbinden. Dies hat darin seinen Grund,
bei geringer Klangstärke die den entgegengesetzten Enden der Ton-
ehörigen Theiltöne des Klangs deutlicher von einander sondern, und
rdem bei starken Klängen gleichsam die Unschlüssigkeit des Contrastes
Kraft des Gefühlstones überwunden wird. Uebrigens hat diese Dar-
er Klanggefühle, wie nicht übersehen werden darf, in höherem Grade
symbolische Bedeutung als die Darstellung der Farbengefühle, weil
letztere unmittelbarer an das System der Empfindungen anschließt.
en solche Analogien des Gefühls natürlich nicht die geringsten Schlüsse
physiologische oder gar die physikalische Natur der Farben und Klänge
Aristotelischen, von Goethe wieder erneuerten Farbenlehre, wonach
n aus der Vermischung von Hell und Dunkel in verschiedenen Verhält-
tstehen sollen, lag wohl neben anderem auch eine derartige Ver-
g zu Grunde. Für unser Gefühl ist in der That Hell und Dunkel
chere, die Farbe das Zusammengesetztere, denn die Gefühle, welche
re wachruft, zeigen mannigfachere Uebergänge zu Gefühlen von ent-
tzter Beschaffenheit. Aber dies rührt eben von der eigenthümlichen
Farbencontinuums her, aus welcher jener dreifache Uebergang der
mmung unmittelbar sich ergibt. (Vgl. S. 511 ff.)

bhängigkeit des sinnlichen Gefühls vom Gesammt-zustand des Bewusstseins.

Einfluss, den der gesammte Zustand des Bewusstseins auf den
n der Empfindung ausübt, kommt hauptsächlich in vier Be-
n zur Geltung: 1) in der Abhängigkeit der Gefühle von der zeit-
auer der Empfindungen, 2) in dem Bedingtsein zahlreicher Ge-
rch die Reproduction früherer Vorstellungen, 3) in der durch die

Reproduction und Association der Vorstellungen vermittelten
seitigen Beziehung der Gefühlstöne verschiedenartiger Empfindu
endlich 4) in der Wirkung, welche die Entwicklung derjenige
lungen, die sich auf unser Selbstbewusstsein beziehen, auf d
und Richtung zahlreicher sinnlicher Gefühle äußert.

Die zeitliche Dauer der Empfindungen ist für den
derselben von wesentlicher Bedeutung. Zwar ist der Gefühl
zeitlich nicht von der Empfindung zu trennen. Aber die Inter
selbst die allgemeine Qualität des Gefühls, sein Lust- oder Unlust
ist doch mehr als die andern Eigenschaften der Empfindung a
Bedingungen geknüpft. Im allgemeinen muss jede Empfindung,
ein Gefühl von merklicher Größe hervorrufen soll, eine gewisse
dauern. Diese Zeit ist bei starken Empfindungen kürzer als bei s
und sie ist außerdem in wechselnder Weise von der Qualität
pfindung abhängig. Anderseits verliert jede Empfindung b
dauernder Einwirkung auf das Bewusstsein an Intensität und q
Bestimmtheit. Die allgemeine Abhängigkeit des Gefühlstones vo
kann also durch eine ähnliche Curve wie die Beziehung zur Inte
Reizes versinnlicht werden (Fig. 141). Hierin liegt es begrün
sich ein Gefühl niemals eine längere Zeit hindurch auf consta
erhält, sondern bei gleich erhaltenen Reizen zwischen seine
Gegensätzen hin- und herschwankt. Dauernder Schmerz nä
indem die Reizempfänglichkeit allmählich abgestumpft wird, d
ferenzpunkt, und jedes Lustgefühl vermindert sich bei länge
und kann schließlich, indem der gleichmäßig andauernde Reiz
hervorruft, in ein Unlustgefühl umschlagen, das man in diese
Gefühl des Ueberdrusses zu bezeichnen pflegt. Doch ist d
kein constantes Gefühl, sondern immer zugleich nach den vera
Empfindungen qualitativ verschieden. Dazu kommt endlich, dass
fühle durch den zeitlichen Wechsel contrastirender Stimmunge
Stärke gehoben werden und gegen den Nullpunkt sinken, wenn das
sein des contrastirenden Zustandes undeutlicher wird. Daher d
frischere Lustgefühl, das der Reconvalescent durch seine nor
meinempfindungen erhält, im Vergleich mit dem dauernd Gesun
erst allerlei kleine Schmerzen die Lust des Daseins ins Gedächt
müssen. Daher das eminente Lustgefühl, das an die versc
Formen des Spiels, vom einfachsten Hazardspiel der Würfel
zur dramatischen Kunstform gebunden ist. Denn in dem Spiel
am schnellsten Hoffnung und Freude, Schmerz und Befriedigun

1) Vgl. Kant's Anthropologie, Werke, VII, 2. S. 146. Der zeitlichen

ıon der Gefühlston der einfachen Empfindung wird ferner durch
sociation mit geläufigen Vorstellungen, welche die näm-
oder ähnliche Empfindungen enthalten, beeinflusst. Zwar ist
ich der Gefühlston jemals ausschließlich durch Associationen be-
Um so häufiger wirken dieselben auf die in der reinen
ıung gelegene Stimmung verstärkend und unter Umständen wohl
odificirend ein. Es kann daher außerordentlich schwer werden
cheiden, inwieweit ein Gefühl ursprünglich oder erst abgeleitet,
durch Association hervorgerufen sei. Denn als abgeleitete Stim-
sind die aus der Association hervorgehenden immer anzusehen,
Association auf der Verknüpfung der gegebenen Empfindungen
ern beruht, die als Bestandtheile gewisser Vorstellungen geläufig
)urch Association z. B. erinnert die grüne Farbe an Waldes- und
grün, oder mahnt Glockengeläute oder Orgelton an Kirchgang und
enst. Durch die Association heftet sich dann aber der reinen
ıung etwas von dem Gefühlston an, der jene zusammengesetzten
ıngen begleitet. Wegen dieser Gebundenheit an die Vorstellung
vorzugsweise die höheren, zu einem reichen Vorstellungsleben
elten Sinne, bei denen die Associationen für den Gefühlston be-
ıd werden. Wie Orgel- und Glockenklang an religiöse Feier, so
ıns die schmetternde Trompete an Kriegs- und Waffenlärm, der
les Hifthorns an Jagdgetümmel und Waldesfrische, die tiefen, lang-
(länge eines Trauermarsches wecken die Vorstellung eines Leichen-
Schwarz ist fast bei allen Völkern die Farbe, in die sich der
ende hüllt, in Purpur kleidet sich die königliche Pracht. Diese
ionen müssen daher an und für sich schon die Stimmungen ernster
imponirender Würde erwecken, ebenso wie die hochrothe Beleuch-
Flammenschein, das Gelb an strahlenden Sonnenglanz, das satte
ı die befriedigte Ruhe der grünen Natur erinnert. Trotzdem ist
ociation wahrscheinlich nirgends das eigentlich begründende Ele-
es Gefühls, sondern sie kann dieses nur in der ihm durch die ur-
iche Natur der Empfindung einmal angewiesenen Richtung ver-

---

hle lässt sich schließlich im weiteren Sinne auch der Einfluss der Gewohn-
echnen, der, wie die Gewöhnung an Tabak, Opium und andere Genüsse, zuerst
fung gegen bestimmte Reize erzeugt und dann Reize, die ursprünglich Un-
gen, in Lustreize umwandelt. Auch hier hat man übrigens wohl anzunehmen,
Reize, die schließlich Lebensbedürfnisse werden können, schon ursprünglich
solute Unlustreize sind, sondern dass nur die lusterregenden Reizwerthe
und extensiv immer mehr wachsen, so dass also der Indifferenzpunkt und
mum der Gefühlscurve sich verschieben, während das letztere zugleich an Höhe
lehnung zunimmt. Eine etwas andere Auffassung vertritt in dieser Beziehung
(a. a. O. S. 182 ff.) in Folge seiner Annahme absolut unlustbetonter Empfin-

stärken, unter Umständen ihm wohl auch eine speciellere Form
tung anweisen. Am deutlichsten erhellt dies in jenen Fällen
Association selbst auf eine ursprüngliche Gefühlsbetonung der E
zurückweist. Schwarz ist eben die Farbe der Trauer, die O
zum Ausdruck ernster Feier, weil den Empfindungen der ents
Charakter innewohnt. Die Sitte, an die sich die Association k
hier selbst nur durch das Gefühl gelenkt worden. Für unse
sprünglichkeit des Gefühls etwas verarmte Entwicklungsstufe
leicht eine wichtige Auffrischung in solchen Associationen, die
pfindungen nachträglich eine Stärke der Gefühlsbetonung verle
der Naturmensch in der eigenen Beschaffenheit der Empfindu
gefunden hatte. In andern Fällen liegt eine innere Beziehung
ciation zur ursprünglichen Bedeutung des Gefühls nicht so offen
so z. B. wenn die Vorstellung der grünen Natur die ruhige Stim
Grün, die Erinnerung an den belebenden Sonnenschein den e
Gefühlston des Gelb verstärkt. Will man hier trotzdem wie
sehen von der unmittelbaren Farbenwirkung schon die Analogie
übrigen Empfindungen fordert, einen ursprünglichen Gefühlston
pfindung annehmen, so könnte man in dieser Verstärkung du
ciation ein Beispiel merkwürdiger Harmonie zwischen unsern Emp
und der äußern Natur erkennen. In der That lässt sich gegen
fassung im Grunde nichts einwenden. Nur wäre es ungere
eine solche Harmonie auf eine prästabilirte Ordnung ohne näher
zurückzuführen. Dass unser Sehorgan den äußern Lichteindr
gepasst ist, und dass daher solche Farben, die auf die Dauer u
ermüden, wie das Roth und Violett, nicht allverbreitet in der N
kommen, hat zweifelsohne seine wohlbegründeten Ursachen.
das menschliche Sehorgan als Product einer Entwicklung ansehen
das Princip der Anpassung der Organismen an ihre Naturumgebun
gewesen ist, so begreift es sich aber, dass seine Reizempfänglich
für solche Wellenlängen, die aus allen möglichen andern gem
also für weißes Licht, theils für solche, die ungefähr in der
sichtbaren Farben liegen, also namentlich für Grün, am größten
ist, wie denn überhaupt der Gefühlston zu der physiologischen F
der Sinnesorgane offenbar in Beziehung steht.

Neben den Associationen sind als eine weitere, in vieler
äußerst bedeutsame Verstärkung der Gefühle gewisse Beziehungen
den Gefühlstönen verschiedener Empfindungen wirksam, die
Analogien der Empfindung bezeichnen können. Die Emp
disparater Sinne scheinen erfahrungsgemäß in bestimmten Verwan
verhältnissen zu stehen. Dem liegt zwar fast immer zugl

; in den Verhältnissen der objectiven Sinnesreize zu Grunde. Aber
ursprünglichen Feststellung jener Analogien ist eine Kenntniss
tiven Reize nicht im geringsten wirksam, sondern wir vollführen
unmittelbar und ausschließlich an der Hand der Empfindungen
o scheinen uns tiefe Töne den dunkeln Farben und dem Schwarz,
e den hellen Farben und dem Weiß angemessen. Der scharfe
B. der Trompete, und die Farben der erregenden Reihe, Gelb
lroth, entsprechen sich, ebenso anderseits die dumpfe Klangfarbe
beruhigende Blau. In der Unterscheidung kalter und warmer
in den Ausdrücken »scharfer Klang«, »gesättigte Farbe«
ren wir unwillkürlich ähnliche Vergleichungen zwischen den
und den niederen Sinnen aus. Alle diese Analogien beruhen
inlich nur auf der Verwandtschaft der zu Grunde liegenden
Der tiefe Ton als reine Empfindung betrachtet bietet mit der
Farbe keinerlei Beziehung dar; aber da beiden der gleiche ernste
n anhaftet, so übertragen wir dies auf die Empfindungen, die
selber verwandt zu sein scheinen. Verstärkt werden diese Be-
n auch hier durch Associationen. Mit dem tiefen Orgelklang, der
einer feierlichen Stimmung entspricht, verbindet sich die Vor-
des dunkeln Feiertagsgewandes, u. s. f. Ueberall wo man eine
e Verwandtschaft der Stimmung, als sie oben nach ihren allge-
Richtungen angedeutet ist, zwischen Klängen und Farbentönen
n meint, dürfte sie wohl auf solchen Associationen beruhen, deren
dann natürlich auch nach den Verhältnissen der individuellen
nen Ausbildung einigermaßen wechselt[1]).

---

rher gehören z. B. folgende Analogien. Der helle Klang der Schalmeie soll
sche heitere Gelb einer mit Dotterblumen übersäeten Wiese, der Flötenton
nfte Himmelblau lauer Sommernächte erinnern, u. s. w. Vgl. NAHLOWSKY,
sleben, S. 147. C. HERMANN, Aesthetische Farbenlehre. Leipzig 1876, S. 45 f.
sen mehr allgemeingültigen Associationen beobachtet man nicht selten noch
nen besonders dazu disponirten Personen speciellere zwischen Worten und
arben und Tönen oder auch Verbindungen der beiden letzteren mit Ge-
und Geruchsempfindungen. Bei manchen Individuen nehmen zugleich die
nten Klängen associirten Farben geometrische Formen an, deren Gestalt und
n mit dem Charakter des Klanges verändert. Alle derartige Associationen
i einer und derselben Person, namentlich wohl wenn der Einfluss der Ein-
zukommt, constant zu bleiben; bei der Vergleichung verschiedener Personen
sie aber und lassen theils gar keine Gesetzmäßigkeit erkennen, theils ordnen
en oben angeführten Analogien unter. Hiernach beruhen wahrscheinlich alle
achtungen auf einer Mischung solcher Erscheinungen, die aus allgemeingültigen
des Gefühlstones, und anderer, die aus zufällig entstandenen Associationen
en, während außerdem eine besondere Erregbarkeit der betreffenden Sinnes-
e individuelle Disposition begründet. Vgl. besonders BLEULER und LEHMANN,
ßige Lichtempfindungen durch Schall u. s. w. Leipzig 1881. GRUBER, Congr.
Psych. physiol. Paris 1890, p. 157, und Congr. de Psych. expér. London
2. Ueber Association von Worten und Farben: H. KAISER, Arch. f. Augen-
IX, 1. S. 96.

Für die sinnliche Grundlage der ästhetischen Wirkung sind
logien der Empfindung von der höchsten Bedeutung. Auf ihne
die Möglichkeit mit Tönen zu malen und in Farben zu sprech
allem aber bieten sie durch die Vereinigung mehrerer Empfindu
entsprechendem Gefühlston das wirksamste Mittel zur Verstärk
Stimmung.

Schon vermöge dieser mannigfachen Beziehungen zur Dauer
drücke und zur Association der Vorstellungen ist der Gefühlsto
höherem Grade veränderlicher Bestandtheil der Empfindung als
und Qualität. Zu den erwähnten Einflüssen kommt nun aber
ein weiterer, der in vielen Fällen alle anderen hintandrängt, e
wirkung, welche die Entwicklung des Selbstbewussts
das Gefühl ausübt. Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass
ursprünglichen Zustand des Bewusstseins zwischen den Empfindu
verschiedenen Sinne irgend ein Unterschied existire, wodurch an
sich bestimmten Empfindungen ein lebhafterer Gefühlston innew
andern. Nachdem sich aber das Ich nebst dem ihm zugehörige
von der Außenwelt unterschieden hat, wird den Empfindungen
schiedenen Sinnesgebiete ein sehr verschiedener Werth beigelegt,
dem sie auf von außen einwirkende Reize oder aber auf se
regungen bezogen werden, die innerhalb des eigenen
entstehen. Bei den ersteren, den Gesichts- und Gehörsempfi
nimmt, so lange sie von mäßiger Stärke sind, auch der Gefühls
objectiveren Charakter an: die Stimmungen des eigenen Selbst
in die äußeren Vorstellungen, deren Bestandtheile die Emp
bilden, hinüberverlegt, und auf diese Weise werden die Emp
zu Elementen der ästhetischen Wirkung. Unter beiden Sinnen
Gesicht wieder in eminenterem Grade objectiv als das Gehör,
das Bewusstsein ebensowohl die Gefühlstöne auf äußere Vors
beziehen als zum Ausdruck seiner eigenen inneren Zustände o
der Rückwirkung des Innern auf äußere Vorstellungen benutzen

Diesen Empfindungen der objectiven Sinne stehen nun jen
über, die, weil sie von inneren, in den Organen des Körpers du
siologische oder pathologische Processe entstehenden Reizen h
stets auf einen subjectiven Zustand hindeuten. Sie sind es, die
genannte Gemeingefühl zusammensetzen. Ihrer Qualität nach
weit einförmiger als die objectiven Empfindungen, so dass ihr G
sich nur zwischen den von der Stärke der Empfindungen ab
Gegensätzen der Lust und Unlust bewegt. Durch die unmittel
ziehung auf das eigene Selbst gewinnen diese Gefühle eine l
Lebendigkeit. Unser Wohl- oder Uebelbefinden, die Frische oder

t unserer Stimmung hängt wesentlich von subjectiven Empfin- ab, an denen der Gefühlston von so überwiegender Bedeutung ass wir was an ihnen reine Empfindung ist zu übersehen pflegen. eshalb hat man häufig eine specifische Verschiedenheit zwischen ınd den höheren Sinnesempfindungen angenommen, indem man erum den Gefühlston der letzteren übersah und auf solche Weise neinempfindungen als sinnliche Gefühle den reinen Empfindungen erstellte. Aber jedem Gemeingefühl liegt eine Empfindung zu an der, wenn man von der Beziehung auf das Bewusstsein ab- ebenfalls lediglich Qualität und Intensität zu unterscheiden bleiben. em gibt es Empfindungen, die eine mittlere Stellung einnehmen, t-, die Geruchs- und Geschmacksempfindungen. Bei ihnen ist der ı äußerer, und sie werden deshalb im allgemeinen auf äußere ungen bezogen. Aber gleichzeitig bedingt der Reiz eine so un- re Affection des eigenen Körpers, dass der Gefühlston subjectiv daher denn Tast-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen zur unseres Gemeingefühls wesentlich beitragen. Von inneren Or- ind es besonders die Muskeln und die übrigen innern Tastorgane, Empfindungen bei der Contraction sowie bei der Ermüdung das gefühl mitbestimmen. Ihnen gesellen sich sehr schwache und meist unserer Aufmerksamkeit entgehende Empfindungen anderer Organe bei. Sie drängen sich erst dann dem Bewusstsein auf, u ihnen Schmerzempfindungen hinzutreten. Hier geben sich dann verschiedenen Färbungen des Schmerzes, dem brennenden der häute, dem stechenden der serösen Membranen, dem bohrenden ochen u. s. w., Verschiedenheiten in der Empfindungsqualität der zu erkennen, die aber alle vor dem hohen Unlustwerth des in höchsten Graden immer mehr der Gleichheit sich nähernden zes zurücktreten. Sobald diese Steigerung der Empfindung zum ze eintritt, erlischt dann auch bei den höheren Sinnen die Be- auf einen äußeren Gegenstand, indem sich die subjective Störung Vordergrund drängt. Der Schmerz aller Organe ist daher ein theil des Gemeingefühls[1]).

e jene Gefühle, die zum Gemeingefühl vereinigt auf unsern eigenen bezogen werden, bilden in dem Selbstbewusstsein einen mehr inder deutlichen Hintergrund der Stimmung. Von ihnen hängt es chlich ab, ob Spannkraft, ruhige Sicherheit, oder ob Schlaffheit, e Beweglichkeit in unserm geistigen Sein vorherrschen, und die hnittliche Bestimmtheit jener Gefühle bildet einen Hauptfactor für

[1]) gl. hierzu Cap. IX, S. 436.

die Disposition der Temperamente. Man hat wegen dieser Bezie
Gemeingefühle zu unserm subjectiven Sein und Befinden die
Gefühle überhaupt als die subjective Seite der Empfindungen
und sie so der Intensität und Qualität als den objectiven Besti
derselben gegenübergestellt[1]). Dieser Gegensatz kann aber unm
ursprünglicher sein, da das Selbstbewusstsein, welches erst je
scheidung vollzieht, aller psychologischen Beobachtung zufolge ei
denes ist. Man müsste also annehmen, das Gefühl sei ebenf
ursprüngliches, sondern mit dem Selbstbewusstsein entstanden.
widerstreitet einerseits die Thatsache, dass Mensch und Thier in
entwickelten Zuständen unverkennbare lebhafte Gefühlsäußerung
nehmen lassen, anderseits die Beobachtung, dass die Entwic
Selbstbewusstseins sogar wesentlich durch sinnliche Gefühle best
gefördert wird[2]).

4. Physische Begleiterscheinungen der sinnlichen G

Die sinnlichen Gefühle sind gleich den Empfindungen, an d
bunden sind, psychophysische Zustände. Jedem Gefühl
demnach eine von seiner Qualität und Intensität abhängige k
Veränderung, die, falls sie sich in äußeren Symptomen verräth
jectiven Charakteristik des Gefühls dienen kann. Aber währen
übrigen Bestandtheilen der Empfindung der begleitende physi
gang, wenigstens so weit er für uns nachweisbar ist, auf die
rischen und centralen Theile des betreffenden Sinnesapparates
schränkt, entspricht dem Gefühlston stets eine ausgebreitetere,
Wirkungen oft über den ganzen Organismus sich ausdehnen
vationsänderung. Auch hier sind freilich unserer Untersuchun
wisse äußere Wirkungen dieser Aenderung zugänglich. Abe
schaffenheit derselben lässt annehmen, dass die physiologische
Gefühlsprocesse stets in centralen Erregungs- und Hemmungs
besteht, die weit über das Sinnesgebiet, welchem die Empfi
gehört, hinausreichen und namentlich auf die Centren der G
Herzinnervation sowie der allgemeinen motorischen Innervation ü
Die Hauptunterschiede dieser Innervationswirkungen sind von
oder Unlustcharakter der Gefühle abhängig; doch zeigen selbst
hältnissmäßig rohen Prüfungsmittel, die uns hier zu Gebote ste

1) George, Lehrbuch der Psychologie. Berlin 1854, S. 70.
2) Siehe Abschnitt IV, Cap. XV.

nerhalb dieser beiden Hauptgruppen den sonstigen qualitativen
ieden der Gefühle Unterschiede ihrer physischen Begleiterschei-
parallel gehen können. Letztere werden aber erst bei den aus
fühlen entspringenden Affecten augenfälliger, bei deren Be-
g sie uns daher beschäftigen werden. Bei den einfachen sinn-
efühlen dagegen ist hauptsächlich der Grad des Lust- oder Un-
ıkters von deutlichem Einflusse.

nachweisbare Erfolg eines einfachen Lustgefühls pflegt in
ergrößerung des Umfangs der Herzcontractionen, in einer Er-
ıg der Blutgefäße sämmtlicher an der Oberfläche des Körpers ge-
Organe, und in einer Erhöhung der Innervation der gewöhnlich
kür unterworfenen Muskeln, namentlich der Athmungsmuskeln,
hen. Ueberträgt man die Puls- und Athmungsbewegungen mittelst
ender Vorrichtungen (Sphygmometer und Pneumatometer) auf einen
hförmiger Geschwindigkeit rotirenden Cylinder, so lassen sich diese
rungen von Puls und Athmung deutlich in ihrem zeitlichen Ver-
rfolgen; ebenso die Schwankungen der Blutfülle der Organe
des von Mosso construirten Plethysmographen, bei welchem der
einem ihn fest umschließenden, mit Wasser gefüllten Rohre ruht,
seine Volumschwankungen durch ein mit dem Rohr verbundenes
er unmittelbar auf eine registrirende Vorrichtung übertragen
können[1]). Da Schwankungen des Armvolums nur von Schwan-
seiner Blutfülle herrühren können, so entspricht hierbei jeder
nahme eine Erweiterung, jeder Abnahme eine Verengerung der
ischen Blutgefäße[2]). Die Größe und Dauer dieser Innervations-
gen hält mit der Intensität und Dauer des betreffenden Lust-
vollkommen gleichen Schritt; insbesondere treten die Athmungs-,
ıd Volumschwankungen immer erst ein in dem Moment oder kurz
m Moment, wo der Gefühlston einer Empfindung deutlich bewusst
n ist.

Folgen eines mäßigen Unlustgefühls sind nun zunächst in
uf Herz und Gefäße sowie auf den allgemeinen Contractions-
der Muskeln genau die entgegengesetzten: die Pulsschläge werden
er, die peripherischen Gefäße ziehen sich zusammen, so dass das
m sinkt, und die Contractionsenergie der willkürlichen Muskeln
b. Dagegen haben schon mäßige Unlustreize eine Vertiefung der

---

l. oben S. 192.
i Anwendung des Plethysmographen ist darum auch die besondere Sphygmo-
rsuchung überflüssig, da das Manometer des ersteren neben den dauernderen
wankungen immer zugleich die den einzelnen Pulscurven entsprechenden
et.

Athmung im Gefolge, und diese erzeugt nun vermöge des frühe
erwähnten Einflusses der Athmung auf Herz- und Gefäßinne
einem weiteren Stadium eine Beschleunigung des Pulses und
auch vorübergehende Erweiterungen der Gefäße. Sind die Unl
sehr stark, z. B. bei heftigem Schmerz, so treten diese Wirk
die Athmung sofort sehr intensiv hervor, und es wird dann v
an in Folge dessen die Puls- und die Athmungscurve unr
Während somit der Anfangseffect des Unlustgefühls durchaus e
des Lustgefühls entgegengesetzten Charakter besitzt, sind die
Folgezustände hauptsächlich durch den directen Einfluss besti
starke Reize auf die Athmungsinnervation ausüben, und sie
sich daher je nach dem Stadium dieses Einflusses in wechselnd

Was die Deutung dieser Ergebnisse betrifft, so versteht es
selbst, dass bei derselben an eine unmittelbare Wirkung de
Bewusstsein gegebenen Gefühlsvorgänge auf die Centren der H
fäß- und Muskelinnervation nicht gedacht werden kann. Die
physischen Vorgänge sind zunächst in analogem Sinne Begleitersc
der Gefühle, wie die Erregungsvorgänge in den Sinnesorganen u
centren solche der Empfindungen sind. Zugleich aber macht es
chologische Zusammenhang der Gefühle mit andern seelischen
im höchsten Grade wahrscheinlich, dass wir es bei jenen al
motorischen und vasomotorischen Effecten mit Folgezuständen
centralerer Innervationsprocesse zu thun haben, die unmittelba
den Gefühlszuständen parallel gehen, die aber für unsere Unter
hülfsmittel nicht direct nachweisbar sind. Denn das sinnliche
stets an Empfindungen gebunden, die ihrerseits wieder Bestand
Vorstellungen bilden, durch die sie dann meist noch mit an
stellungen und den ihnen entsprechenden Gefühlen zusamm
Diese vielseitigen Beziehungen schon der einfachen sinnliche
finden in ihrer vorhin betrachteten Abhängigkeit von dem
zustand des Bewusstseins ihren psychologischen Ausdruck. Da nun
sei es indirect erregten, sei es reproducirten Vorstellung centr
vationen parallel gehen, so ist die Folgerung unabweisbar, das
Gefühl gibt, das nicht in mehr oder weniger ausgebreiteten Verä
in dem Ablauf dieser centralen Innervationen sein physische
fände, und dass in dieser umfassenden Wirkung auf Centralge
die Region der von der Empfindung zunächst in Anspruch ge
Sinnescentren überschreiten, physiologisch betrachtet das Mom
welches den Gefühlston von den übrigen Eigenschaften der E
sondert. Diesen centraleren, für uns nicht direct nachweisbare
erscheinungen der Gefühle gegenüber sind aber die äußeren m



gen auf Herz, Athmung, Blutgefäße und Muskeln offenbar von
rer Natur: sie geben zwar je nach Umfang und Grad der Effecte
isses äußeres Maß ab für die gesammte Intensität der eingetretenen
ionsänderung; aber sie selbst bilden doch nur einen Theil der
, und zwar denjenigen, der erst durch gewisse Mittelglieder cen-
eitung mit den direct die Gefühle begleitenden Processen zu-
hängt. Immerhin lässt sich aus dem Charakter jener äußerlich
sbaren physischen Folgen das ähnliche schließen, was sich psy-
ch aus der Abhängigkeit des Gefühls vom gesammten Bewusstseins-
ergibt: dass nämlich der Gefühlston derjenige Bestandtheil der
lung ist, der umfassendere psychophysische Bedingungen voraus-
die übrigen.

s vorausgesetzt lässt sich nun auch im allgemeinen den verschie-
äußerlich nachweisbaren Wirkungen der Lust- und Unlustgefühle
ständniss abgewinnen. Die Lustgefühle sind, wie sich namentlich
m Uebergang in die später (in Cap. XVIII) zu betrachtenden Affecte
on einem raschen Verlauf centraler Innervationen von mäßiger
begleitet, der theils auf die Herz- und Athmungscentren theils auf
Tonus der willkürlichen Muskeln beherrschenden niederen moto-
Centren herüberwirkt und so eine mäßig gesteigerte Function in
iesen Gebieten herbeiführt. Vermöge der früher besprochenen
lbeziehung von Herz- und Gefäßinnervation ist aber an jede Herz-
g zugleich eine die Functionserhöhung unterstützende Erweiterung
ipherischen Gefäße gebunden[1]). Entgegengesetzter Art sind die
n Innervationswirkungen der Unlustgefühle. Ihnen gehen mehr
eniger plötzlich und ausgebreitet Hemmungen der normalen Er-
vorgänge zur Seite, durch welche Störungen entstehen, die sich
iet der Empfindungen als Herabsetzung der Empfindlichkeit oder
rheit der Wahrnehmungen, auf motorischem als Verminderung der
nergie verrathen. Die weiteren Folgen, namentlich starker Unlust-
haben dann wahrscheinlich in der mit der allgemeinen Inner-
emmung verbundenen Hemmung der Energie des Herzens ihre
n Quellen. Indem an die letztere eine compensatorische Erregung
omotorischen Nerven einerseits, der respiratorischen Innervations-
anderseits geknüpft ist, entstehen die am meisten hervortretenden
Symptome des Schmerzes: die Blutleere der peripherischen Ge-
d der Drang zur tiefen Einathmung, von dessen Wirkungen die
n Schmerz charakteristischen Unregelmäßigkeiten der Puls- und
gscurve abhängen.

[1]) iehe oben S. 183.

Da ähnliche physische Erscheinungen, wie wir sie bei den
Gefühlen beobachten, auch bei allen zusammengesetzteren Gefüh
bei den aus ihnen entspringenden Affecten vorkommen, so lieg
in diesen Begleiterscheinungen der Gefühle der Anlass zur A
fester Associationen der verwickelteren Gemüthsvorgänge mit den
sinnlichen Gefühlen. Indem ferner an die motorischen und vasom
Innervationsänderungen ebenfalls sinnliche Gefühle geknüpft s
binden sich diese nicht nur mit dem Gefühlston der Empfindu
denen jene Gefühlsreactionen hinzutreten, sondern auch mit all
zusammengesetzteren Gemüthszuständen. Darum müssen sich
letzteren ihrerseits schon vermöge dieser physiologischen Begl
nungen nothwendig zugleich mit sinnlichen Gefühlen verbinden.

Während die ältere Psychologie geneigt war, die Gefühle wegen
jectiven Charakters, den wir ihnen im Unterschiede von den als Be
von Vorstellungen auf Objecte bezogenen Empfindungen beilegen, als
chische Vorgänge anzusehen, denen keinerlei physische Processe e
sollten, ist man in neuerer Zeit im allgemeinen bestrebt gewesen, d
des psychophysischen Parallelismus auch hier zur Durchführung z
Theils die deutlichen Wirkungen der Affecte auf die äußeren Körperbe
theils die starken körperlichen Rückwirkungen von Reizen, die mit
Schmerzgefühlen verbunden sind, schienen ohnehin hierauf hinzuweis
eine wirkliche Nachweisung war hier doch erst in dem Augenblic
wo man Hülfsmittel anwandte, die es gestatteten, die physischen
auch der schwächeren Gefühle, die der unmittelbaren Beobachtun
sind, weil sie sich nicht in mimischen und pantomimischen Beweguns
nachzuweisen. Dies geschah, als man die feineren sphygmometri
pneumatometrischen Apparate der neueren Physiologie auf das Studiun
der Affecte und dann auch der Gefühle anwandte. Ein besonderes
gebührt hier A. Mosso, der mit Hülfe des Plethysmographen zuerst ein
physiologische Diagnostik der Hauptaffecte lieferte[1]. Ch. Féré[2] fügte d
die Feststellung des Zustandes der willkürlichen Muskeln in Folge de
von Gemüthsbewegungen mit Hülfe von Dynamometermessungen, ein
das freilich unsicherer ist und namentlich nicht, wie die Untersu
Zustandes der Kreislaufs- und Athmungsorgane, unmittelbar dem V
Gefühle und Affecte zu folgen vermag. Schließlich wurde von Lehma
ganze Untersuchung auf die einfachen Gefühle verschiedensten Urspr
gedehnt und dabei namentlich auf den Einfluss der verschiedenen S
Ausdrucks der Unlustgefühle und auf die Wirkung der Athmungs
sowie auf die vasomotorischen Effecte der Unlustgefühle Rücksicht g

1) A. Mosso, Ueber den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn. L
Die Furcht. Deutsche Ausg. von Finger. Leipzig 1889.

2) Ch. Féré, Sensation et Mouvement. Paris 1887. Revue Phil. XX, p.

3) Alfr. Lehmann, Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens. L
S. 75 ff.

5. Entstehung der sinnlichen Gefühle.

rend den beiden zuvor betrachteten Bestandtheilen der Empfin-
er Stärke und der qualitativen Beschaffenheit, bestimmte Eigen-
des physischen Reizungsvorganges parallel gehen, lässt sich für
hlston eine ähnliche objective Grundlage nicht unmittelbar auf-
Die Folgerung liegt daher nahe, dass das Gefühl ein secundärer
heil der Empfindung sei, der erst durch irgend welche Wirkungen
die den Empfindungen vermöge ihrer qualitativen und intensiven
nheit zukommen.

e Folgerung hat vor allem in zwei Anschauungen über das Wesen
hle ihren Ausdruck gefunden, die zugleich die hauptsächlichsten
ze andeuten, zwischen denen sich die Theorie der Gefühle be-
. Die eine dieser Anschauungen betrachtet die Gefühle als un-
are Affectionen der Seele durch die Empfindung; die
ucht sie auf das wechselseitige Verhältniss der Empfin-
oder Vorstellungen zurückzuführen. Die erste Hypothese,
Aristoteles bis auf Kant und die Neueren die meisten psycho-
Beobachter zu ihren Vertretern zählt, setzt an die Stelle des
hen Begriffs des Bewusstseins den metaphysischen der Seele.
ust und Schmerz der Seele sagt uns aber unsere Erfahrung gar
In dieser kennen wir nur Zustände unseres Bewusstseins, und
en wir auch das sinnliche Gefühl als eine unmittelbare Affection
usstseins durch die Empfindung wahr. Die zweite Auffassung
ünglich aus verwickelteren Gefühlsformen, theils aus denen des
hen Eindrucks, wo zunächst die Beobachtungen über die Harmonie
armonie zusammenwirkender Töne auf sie geführt haben, theils
an die Bewegung der Vorstellungen gebundenen Gemüthsbewe-
abstrahirt worden. Nach ihr, die hauptsächlich in Herbart und
Schule vertreten ist, resultiren die Gefühle überall aus einer
wirkung der Vorstellungen. Die gegenseitige Hemmung der Vor-
n erzeugt Unlust, ihre Verbindung und Förderung Lust. Eine
Hypothese begegnet, abgesehen von den unerweisbaren Behaup-
zu denen sie führt, der großen Schwierigkeit, dass sie gerade
chste Form des Gefühls, das sinnliche Gefühl, unerklärt lässt.
ir zugeben, dass eine für sich bestehende Empfindung schon von
begleitet sein kann, so lässt sich ein solches Gefühl nicht aus einer
wirkung von Vorstellungen ableiten. Unmöglich können aber die
n Gefühle als Zustände betrachtet werden, die von den zusammen-

gesetzteren Gemüthsbewegungen völlig verschieden wären[1]), da
die elementaren Factoren derselben abgeben. Wie ihnen, so v
Gefühlen die Eigenschaft bei, dass sie nicht bloß durch die Fo
das innere Geschehen abläuft, sondern zunächst und hauptsäch
den besonderen Inhalt der einzelnen Empfindungen und Vo
bestimmt werden.

Die beiden soeben angedeuteten Hypothesen treffen trotz
schiedenheit auch darin zusammen, dass sie den dem sinnlic
zu Grunde liegenden Vorgang durchaus trennen von der eigent
pfindung. Wenn nun gleich diese Trennung in unserer
Deutung der Gefühle motivirt zu sein scheint, so ist doch nich
sehen, dass Qualität und Stärke der Empfindung nicht minde
jective Reactionen unseres Bewusstseins auf bestimmte Formen d
Reize aufgefasst werden können. Wir dürften daher der Wah
kommen, wenn wir das Verhältniss vielmehr so auffassen, dass
untrennbaren Ganzen, das wir eine Empfindung von bestimmt
Stärke und Gefühlsfärbung nennen, die letztere denjenigen B
darstellt, bei dem wir zu einer Beziehung auf objective Verhä
Reize nicht unmittelbar veranlasst sind.

Geben wir aber dem Verhältniss des Gefühlstons zu den a
menten der Empfindung diesen letzteren Ausdruck, so ist dam
die Auffassung nahe gelegt, dass wir in ihm das Symptom e
traleren Vorgangs zu sehen haben als in der Qualität und
Sinneserregung. In der That ist ja die Empfindung, so einfa
erscheint, doch weder nach ihrer psychischen noch nach ihrer
Seite ein einfacher Process, sondern da wir solche Empfindu
nicht appercipirt werden, niemals unmittelbar in unserer inne
nehmung kennen lernen, so bildet insbesondere der Act der Ap
einen untrennbaren Bestandtheil aller Empfindungen, die der
gischen Untersuchung gegeben sind. So wird denn auch da
Gefühl in Bezug auf alle die Einflüsse, denen es unterworfe
ständlich, wenn wir es betrachten als die Reactionsweise de
ception auf die sinnliche Erregung.

Zunächst erklären sich unter dieser Voraussetzung auf das
die mannigfachen psychologischen Bedingungen, die den Gefü
Empfindung bestimmen. Die Apperception ist, wie wir sehe
einerseits von den einwirkenden Reizen, anderseits aber von
sammtzustand des Bewusstseins abhängig, wie er durch ge
Eindrücke und frühere Erlebnisse bestimmt ist. Die Ap

---

1) NAHLOWSKY, Das Gefühlsleben. Leipzig 1862, S. 18 ff.

wir ferner unmittelbar als eine innere Handlung, und es wird so subjectivere Bedeutung, die wir dem Gefühlston beilegen, be-Diese innere Handlung ist endlich durchaus identisch zu setzen Virksamkeit des **Willens**, und es ist daher erklärlich, dass unmittelbare Auffassung der Gefühle geneigt ist, eine Beziehung en ihnen beizulegen. Wollen wir näher beschreiben, was wir Lust und Unlust in uns finden, so wissen wir dies nicht an-r zu thun, als indem wir die Lust als ein Streben nach dem de hin, die Unlust als ein Widerstreben gegen ihn bezeichnen. n aber fließen in unserer Schilderung die Namen der Gefühle, e und Willensbestimmungen fortwährend in einander, weil diese in der Wirklichkeit immer verbunden sind und durch die psy-e Abstraction nur insofern getrennt werden können, als die ion gegenüber den äußeren Eindrücken bald ein **passives** **actives** Verhalten darbietet: im ersten Fall reden wir dann eise von **Gefühl**, im zweiten von **Trieb**, **Begehren** oder .

er Beziehung zum Wollen steht zugleich die den Gefühlen und andten Zuständen gemeinsame Eigenschaft, dass sie sich zwischen en bewegen, in unmittelbarstem Zusammenhang. Bei ent-Willen findet jener Gegensatz darin seinen Ausdruck, dass ge-pfindungen gewollt, andere nicht gewollt werden. Diesem von Wollen und Nichtwollen gehen aber nothwendig jene ent-tzten Erregungen der Apperception voraus, die wir mit den st und Unlust andeuten. Die Ausbildung dieser gegensätzlichen wird sich nur aus den Wirkungen erklären lassen, welche die drücke auf das Bewusstsein ausüben. Am deutlichsten gestalten Wirkungen bei wechselnder Stärke der Eindrücke. Jedes Un-, insbesondere der Schmerz, verdrängt andere Empfindungen Bewusstsein. Umgekehrt ist das Lustgefühl stets mit mäßigen ngen verbunden, die andern Empfindungen nicht störend im hen, daher sie auch leicht solche durch Association in das Be-heben. Doch ist das Motiv zum Unlustgefühl offenbar ein un-eres, weshalb schon KANT sehr richtig bemerkt, dass jedem Ver-er Schmerz vorangehen müsse[2]). Das Schwarz als der Mangel s hemmt alle Lichtempfindungen. Die Stimmung, der es ent-ist daher dem Unlustgefühle verwandt. Bei den Klängen liegt um die den ernsteren Stimmungen zugewandte Wirkung der

---

Abschnitt IV, Cap. XVIII.
r's Anthropologie, Werke VII, 2, S. 145.

tiefen Töne wahrscheinlich in der bedeutenden Stärke, zu der
die Erregung gesteigert werden kann. In der That legen wir
Tönen ihren Charakter des Ernstes und der Würde nur bei b
imponirender Klangstärke bei; im entgegengesetzten Fall wird
dumpf und erregt eine mehr zwiespältige Stimmung. Die S
Klangs wirkt aber direct verdrängend und begründet so wiede
mittelbare Verwandtschaft mit dem Unlustgefühl. Bei dissonir
sammenklängen wird endlich die Auffassung der Klänge dadur
dass theils unmittelbar theils in Folge der Schwebungen die
wechselseitig fortwährend verdrängen. Es ist selbstverständ
diese Erörterungen nur begreiflich machen sollen, wie in der
der Entwicklung des Bewusstseins die Wirkung der Empfind
die Apperception zu entgegengesetzten Reactionsweisen der let
lass werden konnte. Dazu gewinnt aber nun bei der weiteren
der Gefühle die immer größer werdende Verselbständigung
ceptionsprocesses, deren Schilderung später (in Cap. XV) uns b
wird, eine wesentliche Bedeutung. Durch sie wird allmählic
mittelbare Qualität und Stärke der Eindrücke, die anfänglich
und Unlust bestimmte, in ihrem Einfluss compensirt durch jen
die in der Entwicklung des Bewusstseins, also in vorangegangen
erfahrungen und in der individuellen Richtung des Selbstbe
ihre Quelle haben. Durch diese Momente wird auch allein
qualitative Differenzirung, die namentlich der Gefühlston
und Lichtempfindungen erfährt, einigermaßen begreiflich.

Die psychologische Beziehung des sinnlichen Gefühls zum
tionsvorgang wird zugleich unsere Anschauungen über die ph
Grundlagen desselben bestimmen müssen. Während Inte
Qualität der Empfindung zunächst von den Erregungsvorgäng
Sinnescentren und erst an zweiter Stelle, insofern sie nach ihr
seitigen Verhältnisse gemessen werden, von der in dem Gese
ziehung ihren Ausdruck findenden Apperceptionsthätigkeit abhäng
der Gefühlston überhaupt nur zu Stande, insofern wir die Em
appercipiren, und er kann daher als die subjective o
chische Seite jenes centraleren Vorganges der A
tion angesehen werden, der zu der centralen Sinneserregung hi
wenn sich die Thätigkeit des Bewusstseins ihr zuwendet. Die
bare Energie der Gefühlsreaction aber wird physiologisc
änderliche Zustände des Apperceptionsorganes zurü
sein, die den wechselnden Zuständen der Reflexerregbarkeit in
drigeren Centralorganen einigermaßen analog sind.

Diese Auffassung findet zunächst auf physiologischer Seite

usgebreiteten physischen Begleiterscheinungen der Ge- jenen Veränderungen der Athmungs-, Herz und Gefäßinnervation, oben bemerkt, nur als die äußerlich hervortretenden Symptome er Innervationsänderungen angesehen werden können. Für die gische Seite der Betrachtung aber erscheint es bedeutsam, dass liche Gesetz der Beziehung, das psychophysische Gesetz, das die tion der Intensität der Empfindungen beherrscht, auch für die eaction innerhalb gewisser, in diesem Fall aus der Natur der Er- gen sich ergebender Grenzen gültig zu sein scheint. Für die ist dieses Gesetz sogar am frühesten ausgesprochen worden. ERNOULLI hat es hier, zunächst in seiner Anwendung auf zu- esetztere Gefühle, als die »Mensura sortis«, LAPLACE als das Gesetz ingigkeit der »Fortune morale« von der »Fortune physique« be-). Für den Besitzer von 100 Thalern bedeutet, wie man an- kann, ein Zuschuss von einem Thaler ebensoviel wie für den von 1000 ein Zuschuss von 10 Thalern. Allgemein ausgedrückt: ensität der Gefühlsreaction wächst proportional den en Zuwüchsen der Empfindungsreize[2]). Gleichwohl ist h, dass das psychophysische Gesetz hier nur innerhalb enger seine Geltung bewahren kann; denn es muss sie verlieren, so- früher besprochenen Einflüsse der Reizstärke und Reizqualität Richtung des Gefühlstones hervortreten. Diese Einflüsse lassen herein annehmen, dass das psychophysische Gesetz hier nur eines Gebietes von Reizstärken, das dem aufsteigenden r Gefühlscurve (Fig. 141) angehört, eine annähernde Wahrheit chen kann. Auch bringt es der unbestimmtere, einer genauen iven Messung unzugängliche Charakter der Gefühle mit sich, dass n von einer exacten Nachweisung des Gesetzes selbst in den innerhalb deren die Erfahrung eine ungefähre Uebereinstimmung en scheint, nicht die Rede sein kann.

Lehre vom Gefühl hat stets eines der dunkelsten Capitel der Psycho- ldet. Obgleich wir uns hier zunächst nur mit dem sinnlichen Gefühl en, so hängen doch die Ansichten über das letztere so innig mit dem en Begriff des Gefühls zusammen, dass es gerechtfertigt sein wird, an

BERNOULLI, Comment. Acad. scient. Petropolit. T. V. p. 177. LAPLACE, Théorie des probabilités. Paris 1847. p. 187, 432. Vgl. auch FECHNER, Psychophysik, sowie oben S. 393.

on BERNOULLI und LAPLACE bringen diesen Satz mathematisch in die logarith- rm. Bezeichnen wir mit G die Gefühls-, mit R die Reizstärke, mit K und C , so ist innerhalb der Grenzen der Gültigkeit des Beziehungsgesetzes:

$$G = K \cdot \log R + C.$$

dieser Stelle die wichtigsten allgemeinen Hypothesen über
der Gefühle kurz zu besprechen. Wir können im allgemeinen vi
ansichten unterscheiden, zwischen denen aber mannigfache Ve
und Uebergänge vorkommen [1].

Nach der ersten ist das Gefühl eine besondere Bethät
Erkenntnisskraft. Diese Ansicht ist vielleicht die ursprüngli
Aristotelische Vergleich der Lust und des Schmerzes mit Bejahun
neinung, die Versuche der Stoiker, den Affect auf den Glauben
künftiges oder gegenwärtiges Glück oder Uebel zurückzuführen, we
hin. In der neueren Zeit hat dieselbe einerseits in dem Empiris
und seiner Nachfolger, anderseits in der LEIBNIZ'schen Philosophie
sächlichste Vertretung gefunden. Nach LOCKE [2] sind Lust und Schm
Vorstellungen, welche sich auf die verschiedenen Zustände der Seel
die letztere ist z. B. freudig gestimmt, wenn sie weiß, dass der
Gutes erreicht oder dessen baldige Erreichung gesichert ist, trauri
an den Verlust eines Gutes denkt, u. s. w. Die englischen Psych
JAMES MILL [3], HERBERT SPENCER [4], ALEXANDER BAIN [5], unter denen
der letztere eine von feiner Beobachtungsgabe zeugende Naturges
Gefühle geliefert hat, vertreten im allgemeinen noch gegenwärtig
schen Standpunkt. LEIBNIZ brachte das Gefühl mit seinen Versuchen
des unendlich Kleinen in die Philosophie einzuführen in Beziehu
unendlich kleine Schmerzempfindungen, sagt er, genießen wir den
Uebels ohne seine Beschwerden: der fortwährende Sieg über die
schafft uns endlich eine volle Lustempfindung; dieser Ursprung au
kleinen Vorstellungen erklärt es zugleich, dass Lust und Unlust zu de
Vorstellungen gehören [6]. An diese Gedanken hat offenbar auch H
knüpft, indem er das Gefühl eine dunkle Erkenntniss nannte [7].
scholastischem Lehrgebäude ging der originelle Ausdruck, den LEIB
kenntnisstheoretischen Auffassung des Gefühls gegeben hatte, wied
Die Lust wurde von WOLFF einfach als die intuitive Erkenntniss
wahren oder eingebildeten Vollkommenheit, die Unlust als das Gege
definirt [8], und hierauf war dann auch seine Begriffsbestimmung der
gründet [9]. Diese Vorstellungen blieben in der WOLFF'schen Schule
bis KANT dem Gefühlsvermögen eine selbständige Stellung anwies,
der auf ihn folgenden Zeit diejenige Auffassung die herrschende wu
unten als die dritte werden kennen lernen. Nichtsdestoweniger be
erkenntnisstheoretische Ansicht zum Theil auch noch die späteren D

1) Eine mehr ins Einzelne gehende Eintheilung, die aber in Bezug a
gruppen mit der folgenden zusammenfällt, gibt CESCA, Vierteljahrsschr. f
X, S. 137 ff., eine kritische Uebersicht der psychologischen Theorien von
auf die Neuzeit BOBTSCHEFF, Die Gefühlslehre in ihren hauptsächlichsten
Diss. Leipzig 1888.

2) LOCKE, Untersuchungen über den menschlichen Verstand, Buch II,

3) Analysis of the phenomena of the human mind. 1829.

4) Principles of psychology. 2. edit. London 1870. Deutsche Ausg. 1

5) The emotions and the will. 2. edit. London 1865.

6) LEIBNIZ, Nouveaux essais, II, 20, § 6. Opera phil. ed. ERDMANN, p.

7) HEGEL, Encyklopädie, III, Werke, VII, 2, S. 165.

8) WOLFF, Psychologia empirica, § 511, 518.

9) Ebend. § 603 sq.

schon, wenn KANT selbst das Vergnügen ein Gefühl der Beförderung, nerz das eines Hindernisses des Lebens nennt[1]), der Gedanke an eine rkenntniss nahe, da wir eben von der Thatsache, ob das Leben ge- ler gehemmt werde, nur durch Erkenntniss etwas wissen können, und · noch ist diese Wendung vollzogen, wenn z. B. LOTZE die KANT'sche so modificirt, dass er das Gefühl auf eine unbewusste Beurtheilung derten oder gestörten Harmonie der Lebensfunctionen bezieht[2]). Hier- andt ist die Ansicht vieler Psychologen von der Natur des Gemein- das meistens mit mehr oder weniger deutlichen Anklängen an LEIBNIZ' erceptionen, bald als ein unmittelbares Bewusstsein unseres eigenen und Befindens[3]), bald als die Summe einer Anzahl kleiner Empfin- , bald als ein Kampf unzähliger sich zum Bewusstsein drängen- findungen[5]) geschildert wird. Als eine der erkenntnisstheoretischen zufallende Auffassung muss ich endlich diejenige bezeichnen, die ich her vertreten habe: nach ihr soll das Gefühl überall auf einem unbe- Schlussverfahren beruhen, durch welches die durch Empfindungen oder gen hervorgerufene Veränderung unseres inneren Zustandes als eine v e bestimmt werde[6]). Speciell die sinnlichen Gefühle sind hiernach ctiven Complemente der einfachen Empfindungen: was wir an diesen e Reize beziehen, wird zur Empfindung, was wir auf eine Verände- eres eigenen Zustandes zurückführen, wird zum Gefühl; die ganze idung gehört daher erst dem entwickelten Selbstbewusstsein an, für üngliche Bewusstsein sollen Empfindung und Gefühl untrennbar zu- llen. Gegen die erkenntnisstheoretische Ansicht überhaupt ist der ende Einwand der, dass sie zuerst die objective Ursache der Gefühle um diese dann in das ursprüngliche Wesen des Gefühls zu verlegen. OLFF z. B. die Lust eine intuitive Erkenntniss der Vollkommenheit hat er zuerst das objectiv Angenehme als das Vollkommene bestimmt, nbei bemerkt die weitere Verwechslung eines sinnlichen und ethischen sich schließt, worauf dann das Gefühl in irgend einer, wenn auch Erkenntniss dieses Begriffs bestehen soll. Dabei ist aber offenbar der Vorgang umgekehrt, da das Gefühl sicherlich etwas viel ursprüng- st als der Begriff des Angenehmen oder Unangenehmen. In jenen onen der erkenntnisstheoretischen Ansicht, die das Gefühl aus einer

---

[1]) NT, Anthropologie, S. 144.

[2]) TZE, Allgemeine Pathologie, S. 187 und Art. »Seele« in WAGNER's Handwörterb. 91. Später hat LOTZE diese Rückbeziehung auf einen Actus unbewusster zurückgedrängt und nun einfach das Gefühl selbst als eine Förderung oder urch den Reiz bestimmt. (Med. Psychologie S. 234.) Hierdurch nähert sich hauung einer Modification der KANT'schen Theorie, die W. HAMILTON vertritt n Metaphysics, 5. edit., vol. II, p. 444 f.), und der in wieder etwas veränderter ch LÉON DUMONT und ALFR. LEHMANN sich anschließen. (LÉON DUMONT, Vergnügen rz. Intern. wiss. Bibl. Leipzig 1876. A. LEHMANN, Die Hautgesetze des mensch- ühlslebens. Leipzig 1892. S. 143 ff.)

[3]) ORGE, Die fünf Sinne. Berlin 1846, S. 44 ff. und Lehrbuch der Psychologie. , S. 231. Verwandt ist TRENDELENBURG's Lehre vom unmittelbaren Bewusst- Muskelbewegungen. (Logische Untersuchungen, 2. Aufl., I, S. 235 ff.)

[4]) TZE, Medicinische Psychologie, S. 281.

[5]) ITZ, Grundlegung der Psychologie. Hamburg und Gotha 1846, S. 64 und der Psychologie. Braunschweig 1849, § 9 und 10.

[6]) rlesungen über die Menschen- und Thierseele, 1. Aufl. II. S. 38 ff.

Förderung und Hemmung der Lebensfunctionen u. dergl. ableiten,
selbe ohne alle Rücksicht auf seine fundamentale psychologische Bed
auf seine subjectiven Eigenschaften zu einem gewissermaßen zufälli
effect irgend welcher physiologischen Nervenprocesse gemacht. So
gesagt ist, worin jene Förderung und Hemmung besteht, wie in
Hypothesen[1]), tritt dieser Mangel weniger zu Tage, als wenn ernstlic
such gemacht wird, an bekannte Thatsachen der Nervenphysiologie a
wie in einigen neueren Theorien dieser Richtung. In diesem Falle
aber zugleich diese erste in irgend eine Form der vierten Hauptan
Die hierher gehörigen Theorien werden daher bei dieser zu bespr

Nach der zweiten Hauptansicht ist das Gefühl weder
noch Vorstellung noch eine aus Empfindungen und Vorstellungen ge
kenntniss, sondern es beruht auf einer Wechselwirkung der Vors
Bezeichnet man mit HERBART die Empfindungen als elementare Vo
so entspringen demnach die Gefühle nicht aus den Vorstellungen selb
aus dem Verhältniss der Vorstellungen zu einander. Auch die
dieser Ansicht sind wohl uralt, indem gewisse ästhetische Gefühle,
die an die Tonintervalle geknüpften, längst auf ein Verhältniss der Ei
lungen zu einander zurückgeführt wurden[2]). Auf alle Formen des
aber erst HERBART[3]) die Theorie ausgedehnt. Er unterscheidet Gefü
die Beschaffenheit des Gefühlten geknüpft sind, von solchen, die v
müthslage abhängen. Zu den ersteren rechnet er die ästhetisch
sinnlichen Gefühle, welche beide darauf beruhen sollen, dass
Partialvorstellungen zusammensetzen, die sich aber nur bei den
Gefühlen deutlich im Bewusstsein von einander sondern lassen, w
bei den sinnlichen Gefühlen ungesondert bleiben. Aus der
dagegen entspringen die Affecte[4]). Indem HERBART einerseits d
den die Bewegung der Vorstellungen im Bewusstsein auf die G
mung ausübt, und anderseits die Bedeutung, die bei der ästhetisch
gewissen Verhältnissen der Vorstellungen zu einander zukommt,
hat er auf eine Seite der Gefühlsbedingungen hingewiesen, die in
rigen Theorien nicht gehörig beachtet war. Aber seine eigene The
nicht minder einseitig werden, da er dieses Moment zum einzi
punkt der Gefühle machte. Dies macht sich denn auch in der un
Erklärung zahlreicher Gefühlszustände geltend. Von den Affecten
HERBART, sie seien bloß von der gegenseitigen Förderung oder He
Vorstellungen abhängig, nicht vom Inhalt des Vorgestellten. Eine
Beobachtung wird aber niemals zugeben, dass Freude und Traue
und Furcht bloß formale Gefühle seien, bei denen der qualitative In
Vorstellungen nicht in Betracht komme. Bei den sinnlichen Gefühl
hat HERBART die Entstehung aus einem Verhältniss von Partialvorstell
kürlich angenommen und sich mit der Behauptung, dieses Verhält
nicht zum Bewusstsein, der näheren Nachweisung entzogen.

1) ULRICI, Leib und Seele. Leipzig 1866, S. 448.
2) ARISTOTELES de anima III, 2.
3) Lehrbuch zur Psychologie, und Psychologie als Wissenschaft. HER
V, VI.
4) A. a. O. VI, S. 110. Vgl. außerdem V, S. 369. 378, 394, 438.

g sind daher auch nicht alle Jünger HERBART's dem Meister treu geblieben, einige Psychologen seiner Schule trennten das sinnliche Gefühl als »Ton findung« völlig von den eigentlichen Gefühlen[1]). Verwandt mit der HERBART's ist die BENEKE's, nach der das Gefühl in dem unmittelbaren n-einander-messen der Seelenthätigkeiten bestehen soll. Auch hier Gefühl von dem Inhalte der Empfindungen und Vorstellungen unter- und auf das Verhältniss derselben zu einander bezogen[2]). Beiden liegt die richtige Einsicht zu Grunde, dass die einzelne Empfindung tellung, insofern sie durch ihren Inhalt eine bestimmte Erkenntniss , kein Motiv für ein Gefühl mit sich bringt; sie suchen daher dieses äußere Verhältniss der Vorstellungen zu einander zurückzuführen. Aber ieses Verhältniss als Lust und Unlust oder in den verschiedenen Gegen- er ästhetischen Gefühle von uns aufgefasst werden müsse, dies wird geringsten klar. In der eigenthümlichen Form dieser Gegensätze liegt ie bestimmte Hindeutung, dass zu dem objectiven Factor der Vorstel- nd ihrer Wechselwirkung ein zweiter subjectiver Factor hinzutreten Hier hängt die Schwäche der HERBART'schen Theorie unmittelbar mit nseitigen Auffassung der Apperception zusammen, auf die wir später nitt IV) zurückkommen werden.

der Einsicht in die Wichtigkeit jenes subjectiven Factors für das Ge- d nun die dritte Hauptansicht wesentlich getragen. Sie drückt us, dass sie das Gefühl als den Zustand bezeichnet, in den die Seele re Empfindungen und Vorstellungen versetzt werde. Das Gefühl ist r die subjective Ergänzung der objectiven Empfindungen rstellungen. Sobald in dem Gefühl nicht bloß ein Zustand der ndern zugleich die Auffassung dieses Zustandes als eines subjectiven wird, so liegt darin außerdem eine Verbindung mit der ersten Haupt- da eine solche Auffassung immer eine, wenn auch dunkle, Erkenntniss zt; im letzteren Fall würde das Gefühl nur im entwickelten Selbstbe- möglich sein. Auch die Grundlagen zu dieser Theorie finden sich ei PLATO und ARISTOTELES; aber in der älteren Psychologie vermengt fortwährend mit der erkenntnisstheoretischen Ansicht. KANT, der in ritik die objectiven und subjectiven Elemente des Erkennens schärfer r zu sondern versuchte, hat denn auch die rein subjective Bedeutung hls entschiedener betont, und seine Auffassung ist bei den nicht zur schen Schule gehörigen Psychologen, darunter auch bei einzelnen, die nahe stehen, zur herrschenden geworden. Aber diese Theorie greift metaphysische Substanz der Seele bei einem Punkt der Untersuchung wo hierzu weder der Anlass geboten noch auch wegen der sonstigen gungen für die Bestimmung jenes Begriffs schon Raum ist. Will man auf das beschränken, was erfahrungsmäßig dem subjectiven Bestimmt- ch die objectiven Empfindungen und Vorstellungen zu Grunde liegt, so ieder nur das Selbstbewusstsein. Darnach würde das Gefühl als die- ite der Vorstellung zu definiren sein, die das Selbstbewusstsein auf den

. F. VOLKMANN, Lehrbuch der Psychologie. 2. Aufl. Cöthen 1875, S. 236. T, Das Gefühlsleben, S. 27.

NEKE, Psychologische Skizzen, I. Göttingen 1825, S. 31. Lehrbuch der Psycho- Aufl. Berlin 1861, S. 170.

Förderung und Hemmung der Lebensfunctionen u. dergl. ableiten, selbe ohne alle Rücksicht auf seine fundamentale psychologische Bed auf seine subjectiven Eigenschaften zu einem gewissermaßen zufälli effect irgend welcher physiologischen Nervenprocesse gemacht. So gesagt ist, worin jene Förderung und Hemmung besteht, wie in Hypothesen[1]), tritt dieser Mangel weniger zu Tage, als wenn ernstlic such gemacht wird, an bekannte Thatsachen der Nervenphysiologie an wie in einigen neueren Theorien dieser Richtung. In diesem Falle aber zugleich diese erste in irgend eine Form der vierten Hauptan Die hierher gehörigen Theorien werden daher bei dieser zu bespr

Nach der zweiten Hauptansicht ist das Gefühl weder noch Vorstellung noch eine aus Empfindungen und Vorstellungen ges kenntniss, sondern es beruht auf einer Wechselwirkung der Vorst Bezeichnet man mit HERBART die Empfindungen als elementare Vo so entspringen demnach die Gefühle nicht aus den Vorstellungen selb aus dem Verhältniss der Vorstellungen zu einander. Auch die dieser Ansicht sind wohl uralt, indem gewisse ästhetische Gefühle, die an die Tonintervalle geknüpften, längst auf ein Verhältniss der Ei lungen zu einander zurückgeführt wurden[2]). Auf alle Formen des aber erst HERBART[3]) die Theorie ausgedehnt. Er unterscheidet Gefü die Beschaffenheit des Gefühlten geknüpft sind, von solchen, die v müthslage abhängen. Zu den ersteren rechnet er die ästhetisch sinnlichen Gefühle, welche beide darauf beruhen sollen, dass s Partialvorstellungen zusammensetzen, die sich aber nur bei den Gefühlen deutlich im Bewusstsein von einander sondern lassen, w bei den sinnlichen Gefühlen ungesondert bleiben. Aus der dagegen entspringen die Affecte[4]). Indem HERBART einerseits d den die Bewegung der Vorstellungen im Bewusstsein auf die G mung ausübt, und anderseits die Bedeutung, die bei der ästhetisch gewissen Verhältnissen der Vorstellungen zu einander zukommt, hat er auf eine Seite der Gefühlsbedingungen hingewiesen, die in rigen Theorien nicht gehörig beachtet war. Aber seine eigene The nicht minder einseitig werden, da er dieses Moment zum einzi punkt der Gefühle machte. Dies macht sich denn auch in der un Erklärung zahlreicher Gefühlszustände geltend. Von den Affecten HERBART, sie seien bloß von der gegenseitigen Förderung oder He Vorstellungen abhängig, nicht vom Inhalt des Vorgestellten. Eine Beobachtung wird aber niemals zugeben, dass Freude und Traue und Furcht bloß formale Gefühle seien, bei denen der qualitative Inh Vorstellungen nicht in Betracht komme. Bei den sinnlichen Gefühl hat HERBART die Entstehung aus einem Verhältniss von Partialvorstell kürlich angenommen und sich mit der Behauptung, dieses Verhältn nicht zum Bewusstsein, der näheren Nachweisung entzogen. H

1) ULRICI, Leib und Seele. Leipzig 1866, S. 448.
2) ARISTOTELES de anima III, 2.
3) Lehrbuch zur Psychologie, und Psychologie als Wissenschaft. HER V, VI.
4) A. a. O. VI, S. 110. Vgl. außerdem V, S. 369, 378, 394, 438.



ıg sind daher auch nicht alle Jünger HERBART's dem Meister treu geblieben, einige Psychologen seiner Schule trennten das sinnliche Gefühl als »Ton pfindung« völlig von den eigentlichen Gefühlen[1]). Verwandt mit der HERBART's ist die BENEKE's, nach der das Gefühl in dem unmittelbaren :en-einander-messen der Seelenthätigkeiten bestehen soll. Auch hier s Gefühl von dem Inhalte der Empfindungen und Vorstellungen unter- ı und auf das Verhältniss derselben zu einander bezogen[2]). Beiden ı liegt die richtige Einsicht zu Grunde, dass die einzelne Empfindung -stellung, insofern sie durch ihren Inhalt eine bestimmte Erkenntniss lt, kein Motiv für ein Gefühl mit sich bringt; sie suchen daher dieses äußere Verhältniss der Vorstellungen zu einander zurückzuführen. Aber dieses Verhältniss als Lust und Unlust oder in den verschiedenen Gegen- ler ästhetischen Gefühle von uns aufgefasst werden müsse, dies wird ı geringsten klar. In der eigenthümlichen Form dieser Gegensätze liegt die bestimmte Hindeutung, dass zu dem objectiven Factor der Vorstel- und ihrer Wechselwirkung ein zweiter subjectiver Factor hinzutreten Hier hängt die Schwäche der HERBART'schen Theorie unmittelbar mit einseitigen Auffassung der Apperception zusammen, auf die wir später :hnitt IV) zurückkommen werden.

n der Einsicht in die Wichtigkeit jenes subjectiven Factors für das Ge- rd nun die dritte Hauptansicht wesentlich getragen. Sie drückt aus, dass sie das Gefühl als den Zustand bezeichnet, in den die Seele hre Empfindungen und Vorstellungen versetzt werde. Das Gefühl ist er die subjective Ergänzung der objectiven Empfindungen ›rstellungen. Sobald in dem Gefühl nicht bloß ein Zustand der sondern zugleich die Auffassung dieses Zustandes als eines subjectiven wird, so liegt darin außerdem eine Verbindung mit der ersten Haupt- da eine solche Auffassung immer eine, wenn auch dunkle, Erkenntniss :tzt; im letzteren Fall würde das Gefühl nur im entwickelten Selbstbe- in möglich sein. Auch die Grundlagen zu dieser Theorie finden sich bei PLATO und ARISTOTELES; aber in der älteren Psychologie vermengt fortwährend mit der erkenntnisstheoretischen Ansicht. KANT, der in Kritik die objectiven und subjectiven Elemente des Erkennens schärfer ıer zu sondern versuchte, hat denn auch die rein subjective Bedeutung ühls entschiedener betont, und seine Auffassung ist bei den nicht zur r'schen Schule gehörigen Psychologen, darunter auch bei einzelnen, die st nahe stehen, zur herrschenden geworden. Aber diese Theorie greift metaphysische Substanz der Seele bei einem Punkt der Untersuchung wo hierzu weder der Anlass geboten noch auch wegen der sonstigen ingungen für die Bestimmung jenes Begriffs schon Raum ist. Will man n auf das beschränken, was erfahrungsmäßig dem subjectiven Bestimmt- rch die objectiven Empfindungen und Vorstellungen zu Grunde liegt, so wieder nur das Selbstbewusstsein. Darnach würde das Gefühl als die- Seite der Vorstellung zu definiren sein, die das Selbstbewusstsein auf den

---

W. F. VOLKMANN, Lehrbuch der Psychologie. 2. Aufl. Cöthen 1875, S. 236. SKY, Das Gefühlsleben, S. 27.

BENEKE, Psychologische Skizzen, I. Göttingen 1825, S. 31. Lehrbuch der Psycho- :. Aufl. Berlin 1861, S. 170.

eigenen Zustand des vorstellenden Subjects bezieht. Da in solche
ein Erkenntnissact liegt, so wird nach dieser Anschauung das Gef
Product einer dunkeln oder unbewussten Erkenntniss[1]). Aber dem v
wie schon oben bemerkt, die Thatsache, dass das Gefühl zu den ur
innern Erfahrungen gehört, während das Selbstbewusstsein verh
spät sich entwickelt, und mit Recht hat A. HORWICZ hervorgehob
Gegentheil das Gefühl auf die Ausbildung des Bewusstseins höchst
lich von bestimmendem Einflusse sei[2]). HORWICZ selbst glaubt da
wöhnlich angenommene Verhältniss geradezu umkehren zu sollen[3
die Gefühle als selbständige, und zwar als die ursprünglichsten
stände an, aus denen sich erst die Empfindungen und Vorstellungen e
Diese Ansicht beruht, wie ich glaube, darauf, dass HORWICZ unter
nur die gefühlsfreie oder relativ gefühlsarme Empfindung, unter
die gefühlsstarke Empfindung versteht. Die empirischen Beweise, d
Vorausgehen der Gefühle beibringt, sind übrigens ebenso bestreitba
Folgerungen aus gewissen physiologischen Sätzen[4]). So behauptet
lich, bei heftigen Reizen, z. B. bei der Verbrennung der Haut durch
des Siegellack, gehe das Schmerzgefühl deutlich der Tastempfind
Ganz im Gegensatz zu dieser Angabe ist schon von E. H. WEB
worden, dass bei starken Temperaturreizen die Schmerzempfindun
eintritt, so dass sie der Tastempfindung erst nach einer verhältnissm
Zwischenzeit nachfolgt, und das ähnliche hat BEAU auch bei sta
reizen beobachtet[5]). Diese Erscheinungen hängen offenbar mit den
analogen Thatsachen gefolgerten Leitungsverschiedenheiten der Ne
in Bezug auf Tast- und Schmerzreize zusammen[6]). Wie man aber
über dieselben denken mag, ob man sie auf besondere Tast- und Sc
der Nerven oder, wie wir es früher versucht haben, auf die allgem
schaften der Leitung in der grauen Substanz zurückführt, für di
Selbständigkeit der Gefühle ist ein solcher Zeitunterschied zwische
und Tastempfindung, ebenso wie die im Zustand der sogen. Ana
findende Aufhebung der ersteren bei fortbestehender Tastempfind
deshalb bedeutungslos, weil auch der Schmerz Empfindung und Gef
ist. Er ist eine gefühlsstarke Empfindung, aber keineswegs ein e
freies Gefühl. Wir localisiren z. B. den Schmerz, fassen ihn also,
Empfindungen, als Element einer räumlichen Wahrnehmung auf, u.

Als eine vierte Hauptansicht lässt sich endlich jene bet

1) Die hier angedeutete Modification der dritten Hauptansicht ist es,
in der 1. Aufl. meiner »Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele
rung der Gefühle zu Grunde gelegt habe.

2) A. HORWICZ, Psychologische Analysen auf physiologischer Grundla
1872, S. 231 ff.

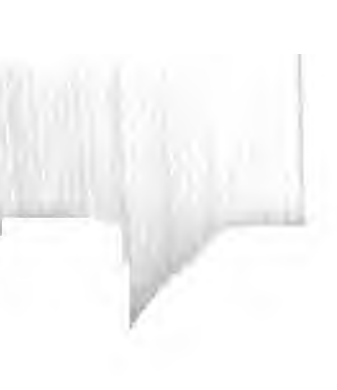
3) Psychologische Analysen, II, 2. Magdeburg 1878.

4) Vgl. meine Kritik dieser Theorie in Vierteljahrsschrift f. wiss. Phi
S. 129, 308 und 342.

5) E. H. WEBER, Tastsinn und Gemeingefühl, Handwörterb. der Ph
S. 569 ff. Ueber BEAU siehe ebend. S. 566.

6) Vgl. oben Cap. IV, S. 110 f. und Cap. IX, S. 437.

7) Vgl. zu dieser Frage noch RICHET, Recherches expér. et cliniques
bilité. Paris 1877, p. 290, und HÖFFDING, Psychologie. Deutsche Ausg.
S. 280 ff. 2. Aufl. 1893, S. 306 ff.



ühl auf eine bestimmte physische Nebenwirkung der Empfindungs-
zurückführt. Da übrigens von den Anhängern dieser Theorie zuge-
wird, dass das Gefühl als solches ein eigenthümlicher Bewusstseins-
sei, so verbindet oder berührt sich diese in der Regel zugleich mit
einer der vorangegangenen Theorien. Sie selbst ist wieder in drei
tionen aufgetreten. Nach der ersten ist das Gefühl eine Empfin-
qualität, und zwar die allgemeinste, weil sie an jede Art von Reizung
Nerven, an die einen mehr an die andern weniger gebunden sei.
lten besonders die Nerven der Haut und der an den Gemeinempfin-
betheiligten inneren Organe als die Träger dieser Gefühlsqualität, die
intensivsten Formen als Schmerz, in ihren schwächeren als Lust
e[1]). Unverkennbar ist diese Auffassung der Reflex der in der Physio-
mentlich durch Joh. Müller und E. H. Weber zur Aufnahme gelangten
om Gemeingefühl[2]). Nach ihr betrachtet man das Gemeingefühl als
emeinste Form des Empfindens, die durch alle mit Empfindungsnerven
nen Theile vermittelt werde, während nur gewisse Sinnesnerven nebenbei
ugung specifischer Sinnesempfindungen geeignet seien. Dass bei dieser
nd ebenso bei der aus ihr hervorgegangenen Theorie des Gefühls über-
lie früher erwähnte Vermengung der Begriffe Empfindung und Gefühl
enbei noch die ältere Bedeutung des Wortes »Gefühl« in der Sprache,
r Fühlen und Tasten identisch sind, eine gewisse Rolle spielt, ist
lig. Durch die exactere Scheidung dieser Begriffe, die in der neueren
gie eingetreten ist und allmählich, freilich langsam genug, auch auf
iologie hinüberwirkt, ist diese Auffassung von selbst unhaltbar geworden,
wo überhaupt noch eine rein physiologische Theorie versucht wird,
einer der folgenden Modificationen zu geschehen pflegt. Unter ihnen
e zweite der Trennung von Empfindung und Gefühl dadurch Rechnung,
das Gefühl auf einen specifischen Nervenprocess zurückführt, der die
t und Qualität des Erregungsvorganges begleiten soll[3]). Offenbar ist
der Gedanke bestimmend gewesen, dass das sinnliche Gefühl ein
nothwendiger, wenn auch in seiner Stärke wechselnder Bestandtheil
pfindung sei wie die Intensität und Qualität. Hieraus schließt man
ch Analogie, dass, wie diesen beiden Empfindungselementen bestimmte
aften der Reizbewegung entsprechen müssten, so das nämliche auch
Gefühlston gelte. Empirisch sollen für diese Annahme namentlich jene
ngen eintreten, die für eine Verminderung oder Aufhebung des Gefühls-
Fällen zu sprechen scheinen, in denen die übrigen Eigenschaften der
ung erhalten blieben. Es handelt sich hierbei um die im vorigen Ab-
erörterten Erscheinungen der Analgesie (S. 111). Nun haben wir dort
, dass die Zurückführung dieser Erscheinungen auf die Functionsunter-
g specifischer Nervenfasern eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für
. Das nämliche gilt aber für die Annahme, dass die Schmerzqualität
s den Schmerz begleitende Unlustgefühl nicht an besondere Elemente,

---

[1]) ...omrich, Die psychischen Zustände. Jena 1849, S. 163. Hagen, Psychologische ...hungen. Braunschweig 1842, S. 59.

[2]) ...oh. Müller, Handbuch der Physiologie, II. Coblenz 1840, S. 275. E. H. Weber, ... und Gemeingefühl, Handwörterbuch der Physiol. III, 2. S. 562.

[3]) ...otze, Medicinische Psychologie, S. 233. Osw. Külpe, Vierteljahrsschr. f. wiss. ...hie, XI, S. 424, XII, S. 50 ff.

werden, die nach ihrer psychologischen Natur uns nöthigen, als
logischen Substrate der Gefühle die nämlichen Centraltheile in A
nehmen, die wir für die centrale Beherrschung der Willensfunctio
setzen. Die oben entwickelte Theorie hat diesen Anforderungen zu
gesucht, indem sie psychologisch die Gefühle mit dem Process der
tion, physiologisch mit den Functionen des auch aus andern Grü
thetisch anzunehmenden Apperceptionscentrums in Beziehung brach
lich können dann eine Menge physiologischer Wirkungen, die, wie
torischen, die Ausdrucksbewegungen, von manchen Vertretern der ph
Theorie als die primären angesehen wurden, nur noch als secundä
vielseitigen Verbindungen des Apperceptionscentrums sich erklären
nungen betrachtet werden, die jedoch immerhin dem ursprünglich
auch weitere psychische Componenten hinzufügen können.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

GRUNDZÜGE

DER

IYSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE

VON

WILHELM WUNDT
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU LEIPZIG

VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE

ZWEITER BAND
MIT 94 HOLZSCHNITTEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

Verlag von **Wilhelm Engelmann** in Leipzig.

Abendroth, Robert, Das Problem der Materie. Ein Beitrag zur Erkennt
und Naturphilosophie. Erster Band. gr. 8. 1889. ℳ 14.—.

Abhandlungen über den Speichel von C. Ludwig, E. Becher und
Rahn. (1851.) Herausgegeben von M. v. Frey. Mit 6 Textfiguren. (
Klassiker Nr. 18.) 8. 1890. Geb. ℳ —.75.

Aubert, Herm., Grundzüge der physiologischen Optik. Mit 109 F
Holzschn. (Sep.-Abdr. a. d. Handb. d. Augenheilkunde. II. Bd.) gr. 8. 187

Bezold, Alb. v., Untersuchungen über die elektrische Erregung der
u. Muskeln. Mit 2 Kupfertaf. und 14 Holzschn. gr. 8. 1861. ℳ 6.-

Czermak, Joh. N., Gesammelte Schriften. In zwei Bänden. Mit 30
105 Fig. in Holzschnitt u. der Photographie Czermak's. gr. 8. 1879.
ℳ 32.—.

1. Band. Wissenschaftliche Abhandlungen. ℳ 24.—.
2. » Biographie von Ant. Springer. Populäre Vorträge u. Aufsätze. ℳ 8.—

Engelmann, Th. W., Ueber den Ursprung der Muskelkraft. Zweite
und verbesserte Auflage. Mit 4 Figuren im Text. 8. 1893. ℳ 2.—.

Fick, Rudolf, Über die Arbeitsleistung der auf die Fussgelenke wi
Muskeln. Mit 2 Fig. im Text. (Sep.-Abdr. a. Festschrift f. A. v. K
Fol. 1892. ℳ 4.—.

Gegenbaur, C., Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 5. verbesserte
Zwei Bände. I. Bd. mit 329, II. Bd. mit 339 zum Theil farbigen Holz
gr. 8. 1892. Geh. ℳ 24.—, geb. ℳ 28.50.

Gude, W., Die Gesetze der Physiologie und Psychologie über E
der Bewegungen und der Articulations-Unterricht der Taubstummen
1880. ℳ 2.40.

Hering, E., Beiträge zur Physiologie. 1.—5. Heft. gr. 8. 1861—64.

1. Heft. Vom Ortsinne der Netzhaut. Mit 28 Holzschn. 1861. ℳ 2.10.
2. » Von den identischen Netzhautstellen. Mit 38 Holzschn. 1862. ℳ 2.40.
3. » Vom Horopter. Mit 10 Holzschn. 1863. ℳ 1.50.
4. » Allgemeine geometrische Auflösung des Horopterproblems. Von den Bewe
menschlichen Auges. 1864. ℳ 1.80.
5. » Vom binocularen Tiefsehen. Kritik einer Abhandlung von Helmholtz über de
1864. ℳ 1.80.

Kappes, Matthias, Der »Common Sense« als Princip der Gewissheit in d
sophie des Schotten Thomas Reid. — Habilitationsschrift zur Erlan
venia legendi der h. philos. Fakultät der k. Julius-Maximilians-Unive
Würzburg vorgelegt. gr. 8. 1890. ℳ 2.—.

Kauffmann, Max, Fundamente der Erkenntnisstheorie und Wissens
lehre. 8. 1890. ℳ —.80.

Koelliker, A., Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Sechste umge
Auflage.

Bisher erschien:

1. Band. Die allgemeine Gewebelehre und die Systeme der Haut, Knochen und Mu
329 zum Theil farbigen Figuren in Holzschnitt und Zinkographie. gr. 8.
ℳ 9.—, geb. ℳ 11.—.
2. » Erste Hälfte. Elemente des Nervensystems, Rückenmark, verlängertes M
und kleines Gehirn. Mit 218 zum Theil farbigen Figuren in Holzschnitt
graphie. gr. 8. 1893. Geh. ℳ 10.—.

—— Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der
Thiere. Für Studirende und Aerzte. 2. umgearbeitete Auflage. Mit 2
schn. und einer Farbentafel. gr. 8. 1884. Geh. ℳ 10.—, geb. ℳ 11.75.

Magnus, Hugo, Die Bedeutung des farbigen Lichtes für das gesunde un
Auge. Ein Beitrag zu einer rationellen Lichtdiät. 8. 1875. ℳ 1.—.

Müller, Max, Essays. 4 Bde. 8. 1869—81. Geh. ℳ 32.50, geb. ℳ 38.50

1. Band. Beiträge zur vergl. Religions-Wissenschaft. Nach der 2. engl. A
Autorisation des Verf. ins Deutsche übertragen. 2. vermehrte Auflage.
Geh. ℳ 7.50, geb. ℳ 9.—.
2. » Beiträge zur vergl. Mythologie u. Ethologie. Mit Register zum 1. un
2. vermehrte Aufl. besorgt von O. Francke. 8. 1881. Geh. ℳ 10.—, ge

(Fortsetzung auf der 3. Seite des Umschlags!)

GRUNDZÜGE

DER

YSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE

ZWEITER BAND



GRUNDZÜGE

DER

YSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE

VON

WILHELM WUNDT
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU LEIPZIG

VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE

ZWEITER BAND

MIT 94 HOLZSCHNITTEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

Alle Rechte, besonders das der Uebersetzung, bleiben vorbehalten

Inhalt des zweiten Bandes.

63707



Seite

Druckfehler.

Band I.

S. 401 Z. 1 v. u. statt $\frac{R}{\log \text{nat}\, b}$ l. $\frac{k}{\log \text{nat}\, b}$.

S. 599 Anm. 3 statt »In meinen Essays« l.: in meinen **„Essays“**.

Band II.

S. 207 Anm. 2 statt 1850 l. **1859.**

S. 475 Z. 13 v. o. statt Uebergangsvorgängen l. **Uebungs**vorgängen.

Dritter Abschnitt.

Von der Bildung der Sinnesvorstellungen.

Elftes Capitel.

gemeine Uebersicht der Sinnesvorstellungen. Tast- und Bewegungsvorstellungen.

1. Begriff und Hauptformen der Vorstellungen.

er einer **Vorstellung** verstehen wir nach allgemeinem Sprachge-
das in unserm Bewusstsein erzeugte **Bild eines Gegenstandes**
nes **Vorgangs der Außenwelt.** Die Welt, so weit wir sie
besteht nur aus unsern Vorstellungen. Diese aber werden von
türlichen Bewusstsein den Gegenständen, auf die wir sie beziehen,
gesetzt, und erst die wissenschaftliche Reflexion erhebt die Frage,
h das in der Vorstellung gelieferte Bild und sein Gegenstand zu
r verhalten.

Gegenstand einer Vorstellung kann ein wirklicher oder ein bloß
er sein. Vorstellungen, welche sich auf einen wirklichen Gegen-
eziehen, mag dieser nun außer uns existiren oder zu unserm
Körper gehören, nennen wir **Wahrnehmungen** oder **An-
ngen.** Bei dem Ausdruck **Wahrnehmung** haben wir die Auf-
des Gegenstandes nach seiner wirklichen Beschaffenheit im Auge,
Anschauung denken wir vorzugsweise an die dabei vorhandene
eit unseres Bewusstseins. Dort legen wir auf die objective, hier
subjective Seite des Vorstellens das Hauptgewicht. Ist der Ge-
d der Vorstellung kein wirklicher sondern ein bloß gedachter, so
wir die Vorstellung ein **Erinnerungsbild** oder eine **Einbil-
vorstellung.** Beide können auch unter dem Begriff der **repro-**

ducirten Vorstellung zusammengefasst werden, indem man vo
überall in der Erfahrung bestätigenden Voraussetzung ausgeht,
Vorstellungen in ursprünglichen Wahrnehmungen oder Anschau
Quelle haben. Erinnerungsbilder nennt man dann diejenigen rep
Vorstellungen, die bestimmten früheren Wahrnehmungen so äh
dass sie unmittelbar auf dieselben bezogen werden. Einbildu
Phantasievorstellungen werden dagegen solche reproducirte Vo
genannt, die sich so sehr aus Bestandtheilen verschiedener Wahr
zusammensetzen, dass sie nicht als die Erneuerungen bestimmte
Wahrnehmungen aufgefasst werden. Da übrigens niemals ein Er
bild der ursprünglichen Wahrnehmung vollkommen gleicht, so
theils durch die geringere Stärke der Empfindungen, theils d
qualitative Zusammensetzung mehr oder weniger unterschei
so gibt es eine thatsächliche Grenze zwischen Erinnerungs-
tasievorstellungen nicht. Auch unterscheiden sich beide dari
einstimmender Weise von den Wahrnehmungen, dass sie re
änderlicher sind. Uebrigens ist zu beachten, dass alle Vorstell
unmittelbaren wie die reproducirten, Vorgänge, nicht dauernd
oder gar Objecte sind, wie dies in Folge der Vermengung der
ihren objectiven Ursachen nicht selten angenommen wird.
psychologische Analyse bei der Untersuchung der Vorstellu
diesen unablässigen Fluss der psychischen Vorgänge zunächst
tracht lässt, so darf niemals vergessen werden, dass es sich
um eine für die Untersuchung unerlässliche aber nicht mit de
keit zu verwechselnde Abstraction handelt.

Die Anschauungsvorstellungen oder Wahrnehmungen haben
Ursache in der Erregung unserer Sinnesorgane durch pe
Reize. Unter diesen gehen die meisten von außer uns befindlic
ständen aus. Durch sie entstehen die objectiven Sinneswahrn
aus denen sich unsere sinnliche Weltanschauung zusammensetzt
andern Seite vermitteln Organempfindungen Vorstellungen vo
subjectiven Befinden. Doch bleiben die letzteren im allge
einer unentwickelteren Stufe, auf der sie sich von den Emp
die ihnen zu Grunde liegen, wenig unterscheiden. Die Einbildu
lungen endlich beruhen auf Reizungsvorgängen innerhalb der
Sinnesflächen. Zu ihnen gehören die Hallucinationen, die Phant
Traumes und die gewöhnlichen Erinnerungsbilder. Ihre Unte
von den äußeren Sinneswahrnehmungen geschieht durch Kennz
erst dem entwickelten Selbstbewusstsein angehören. Noch das
der wilde Naturmensch vermengen nicht selten ihre Träume
wachen Erlebnissen. Für den psychologischen Standpunkt bes

rund, Sinneswahrnehmungen und Erinnerungsvorstellungen als
ich verschiedene Arten der Vorstellung anzusehen[1]).
Vorstellung ist im Vergleich mit der Empfindung ein Zusammen-
s. Sie enthält Empfindungen als ihre Bestandtheile; daher man
ie Empfindungen einfache Vorstellungen genannt hat[2]). Im
inen kann die Verbindung der Empfindungen zu Sinnesvorstellungen
doppelten Weise vor sich gehen: erstens in der Form einer zeit-
Aneinanderreihung, und zweitens als eine räumliche Ordnung.
sere Vorstellungen nehmen eine Stelle in der Zeit ein; aber für
asse derselben gewinnt die Zeitform eine überwiegende Bedeutung,
Gehörsvorstellungen. Das Gehör erhält daher vorzugsweise
deutung eines zeiterweckenden Sinnes. Wegen dieser Rich-
f die Zeitanschauung tritt hier das Verhältniss der Vorstellung zu
egenstand, welches stets eine räumliche Ordnung der Empfindungen
etzt, mehr in den Hintergrund, obgleich es keineswegs fehlt, indem
h den Schalleindruck in der Regel auf einen Ort beziehen, von
n er ausgeht. Aber da wir auf diese Beziehung nicht immer Werth
so kann sie auf kürzere oder längere Zeit unserem Bewusstsein
gehen. Dies geschieht namentlich dort, wo die Klangvorstellungen
m Vehikel ästhetischer Wirkungen werden, indem sie den zeitlichen
unserer eigenen inneren Zustände schildern.
ie in eine zeitliche, so bringen wir alle unsere Vorstellungen zu-
n eine räumliche Ordnung. Aber, ähnlich wie für das Gehör, so
dieselbe für Geruch, Geschmack und Gemeinempfindung wenig
elt. Bei diesen Sinnen besteht die einzige räumliche Beziehung
r unvollkommenen Localisation der Empfindungen, die überall erst
hnung an die ausgebildeteren räumlichen Sinne geschieht. Hier
dann die Gesichtsvorstellungen, welchen eine eminente Be-

---

[1] us diesem Grunde scheint es mir auch wenig zweckmäßig, wenn man, wie h häufig geschieht, den Namen Vorstellungen auf die Erinnerungsbilder kt.

[2] o namentlich WOLFF (Psychologia empir. Sect. II. cap. I) im Anschluss an den NIZ eingeführten Begriff des vorstellenden Wesens der Seele, und in neuerer BART mit seiner Schule. Da alle wirklichen Vorstellungen zusammengesetzt nd da sich der Begriff der Vorstellung auf einen objectivirten Bewusst-lt bezieht, so erscheint vom psychologischen Standpunkte aus die Bezeichnung dungen für die vorauszusetzenden subjectiven Elemente der Vorstellungen ngemessenere. Diesen Begriff der Empfindung auf die psychischen Wirkungen r Sinnesreize einzuschränken, wie es noch B. ERDMANN (Vierteljahrsschr. f. wiss. S. 340) zu thun scheint, liegt nirgends ein Grund vor. Diese Einschränkung dürfte rlebniss aus jener heute als unhaltbar erkannten Auffassung der älteren Psy- sein, welche die Erinnerungs- und Phantasiebilder für rein psychische hielt, die darum auch mit den physisch bedingten Sinneswahrnehmungen einen Begriff zu vereinigen seien. Vgl. hierzu I, S. 284.

deutung für die Ausbildung der räumlichen Auffassung der
zukommt.

Während so Auge und Ohr bis zu einem gewissen Grade i
Formen sich theilen, in denen unser Bewusstsein die Welt
Lauf darstellt, treten uns in den Tast- und Bewegungsvors
beide Arten der Anschauung in vollständiger Vereinigung entgeg
ihrer gleichförmigen Empfindungsgrundlage sind diese Vorstellu
mannigfaltig. Von einander sondern lassen sie sich nicht. De
Tastsinn begabten Theile werden nur durch ihre Beweglichke
fassung der Eindrücke geeignet, und die Bewegung der Glieder
unter Mithülfe der Tastempfindlichkeit der Haut und namentli
ähnlichen Endapparaten der Empfindungsnerven versehenen G
Wahrnehmung der Bewegung. In den Tast- und Bewegungsv
sind nun Zeit- und Raumanschauung verbunden. Jede Bewe
aufgefasst als eine zeitliche Succession, und zugleich entsteht
Bild der zurückgelegten Raumstrecke. So bilden die Tast- und
vorstellungen die Grundlage zu allen anderen Sinnesvorstellun
in ihnen noch ungetrennt liegt, das bildet sich in den zwei höhe
nach verschiedener Richtung aus. Wir werden daher auch h
Ansicht hingeführt, welche die genetische Betrachtung des
bestätigt, dass sich jene höheren Sinne, die schon vermöge der
Entwicklung ihrer Vorstellungen den Namen von Specialsi
dienen, aus dem allgemeinen Tastsinn entwickelt haben[1]. I
und die räumliche Form der Anschauung sind in der Vorstellu
wegung vereinigt.

Die Sinnesvorstellungen treten, wie die Empfindungen, i
ziehung zu dem Bewusstsein, dessen Bestandtheile sie bilden.
fühle, die auf diese Weise entstehen, entspringen hauptsächli
räumlichen und zeitlichen Verhältnissen der Vorstellungen.
Bewusstsein bestimmte Verhältnisse ansprechend, andere un
empfindet, treten in ihm gegensätzliche Zustände auf, die ihrer
dem Gebiet des Gefühls angehören, und die doch, da sie aus
schaften der Vorstellungen entspringen, über das an die Em
geknüpfte rein sinnliche Gefühl hinausgehen. So scheint es de
mäßig, diese Zustände als einfache ästhetische Gef
ästhetische Elementargefühle zu bezeichnen. In der
sie den elementarsten Bestandtheil jener künstlerischen Effecte
der ästhetischen Wirkung zurechnet. Dies entspricht auch den
baren Wortsinn, der auf die Wirkung des Wahrgenommenen
Vorstellungen hinweist.

---

[1] Vgl. I, S. 289 ff.

)ie Untersuchung der Bildung der Vorstellungen wird von den all-
nsten Sinnesvorstellungen, welche zugleich genetisch die Grundlage
brigen sind, ausgehen müssen: von den Tast- und Bewegungsvor-
ıgen. Daran wird in den folgenden Capiteln die Analyse der beiden
entgegengesetzten Richtungen entwickelten Vorstellungsarten, der
s- und Gesichtsvorstellungen, sowie der aus den zeitlichen und
ichen Verbindungen der Vorstellungen entspringenden ästhetischen
ntargefühle sich anschließen. Die Geruchs- und Geschmacksvor-
ıgen dagegen können hier unberücksichtigt bleiben, da sie fast nur
npfindungen in Betracht kommen, die an andere entwickeltere Vor-
ıgen, nämlich an die Tast- und Gesichtsvorstellungen, gebunden sind,
ıa die Verbindungen der einfachen Geruchs- und Geschmacksempfin-
n unter einander schon im vorigen Abschnitt besprochen wurden.
sammengesetzteren psychischen Producte endlich, die aus den mannig-
n Verbindungen der Vorstellungen hervorgehen, die Associationen
Complicationen, sowie die logischen Gedankenverbindungen, können
n nächsten Abschnitt, auf Grund der Untersuchung des Bewusstseins
les Verlaufs der Vorstellungen, erörtert werden.

2. Localisation der Tastempfindungen.

)ie Druck- und Temperaturempfindungen unserer Haut beziehen wir
en Ort, welcher vom Reize getroffen wird, ebenso die dem Tastsinn
ndten Empfindungen der inneren Theile. Die Genauigkeit dieser
sation ist außerordentlich verschieden. Sie ist am unvollkommensten
en Gemeinempfindungen und wahrscheinlich wird hier die Ortsvor-
ıg erst durch die zeitweise Verbindung mit Tastempfindungen eine
bestimmtere. Einer messenden Vergleichung sind jedoch in dieser
ıung nur die verschiedenen Provinzen der Hautoberfläche zugänglich.
ächstliegende Methode, um hier die Genauigkeit der örtlichen Auf-
ıg zu prüfen, besteht darin, dass man eine Hautstelle berührt und dann
er bloßen Tastempfindung, also unter Ausschluss des Gesichtssinns,
Nachtasten die vorher berührte Stelle aufsuchen lässt[1]. Hierbei
im allgemeinen ein Fehler begangen, der sich, sobald man eine
re Zahl von Beobachtungen verwendet, bei jeder Hautstelle einem
mten Werthe nähert, für die verschiedenen Stellen aber außerordent-
vechselt. Die Feinheit der Localisation ist der Größe jenes Fehlers

E. H. Weber, Sitzungsberichte der kgl. sächs. Ges. der Wissensch. 1852, S. 87.
rößere Anzahl von Versuchen haben nach diesem Verfahren unter Vierordt's Lei-
Kottenkamp und Ullrich ausgeführt. Zeitschr. f. Biologie, VI, S. 45 ff.

umgekehrt proportional. Dieses Verfahren entspricht demnach de
der mittleren Fehler bei der Intensitätsmessung[1]). Im vorliege
führt aber dies unmittelbar zu einem kürzeren Verfahren, w
Methode der Minimaländerungen analog ist. Will man nämlic
selbst die Stelle der Haut bestimmen, an der eine Berührung e
wurde, so kann dies nur durch eigene Betastung geschehen.
entsteht eine zweite Tastempfindung, und unwillkürlich wird
so lange den berührenden Finger auf der Haut verschieben, bis
der ersten Empfindung gleich geworden ist. Es liegt nahe, di
lung der Localisationsschärfe direct auf diese Vergleichung zu
also zwei Eindrücke gleichzeitig auf zwei benachbarte Stellen
lassen und dann diejenige Grenzdistanz aufzusuchen, bei welche
drücke eben noch als räumlich gesonderte aufgefasst werden. D
fahren ist es, nach welchem zuerst E. H. WEBER die Localisation
empfindungen untersucht hat[2]). Ueberträgt man die bei der Em
messung gebrauchten Ausdrücke auch auf die in der Raum- ode
zu Vorstellungen geordneten Empfindungen, so kann man allgem
Grenzwerth, der die kleinste Raum- oder Zeitentfernung misst,
Empfindungen noch von einander getrennt werden können, als e
Schwelle bezeichnen, im Gegensatze zur **intensiven Schwel**
die eben unterscheidbare Intensität der Empfindung bestimmt. W
dann aber die extensive Schwelle wieder unterscheiden in di
schwelle, um die es sich hier handelt, und die **Zeitschw**
deren Betrachtung wir später, bei der Untersuchung der Zeitvor
eingehen werden[3]).

Zur Untersuchung der **Raumschwelle des Tastsinns** be
nach dem Vorbilde WEBER's einen Cirkel mit abgestumpften Spitzen,
man die Versuche an sich selbst ausführt, mit einem Stiel ver
muss[4]). So lange die Entfernung der Cirkelspitzen unter der Rau
bleibt, wird nur ein einziger Eindruck wahrgenommen; sobald
Grenzwerth überschreitet, fasst man beide Eindrücke als geson

---

1) Vgl. I, S. 338.
2) Annotationes anatomicae et physiologicae. Lips. 1834 (1829) p. 4
Tastsinn und Gemeingefühl, WAGNER's Handwörterbuch der Physiol. III, 2,
3) Vgl. Abschn. IV, Cap. XVI, 5. Der Ausdruck **extensive Schwell**
FECHNER her. Er hat ihn aber auf den Begriff der Raumschwelle beschrän
handelt die Auffassung in extensiver Form als eine unmittelbar der Emp
kommende Eigenschaft. (Elemente der Psychophysik, I, S. 52, 267 f.)
4) Gebraucht man, wie bei der unten zu erwähnenden Methode der ri
falschen Fälle, constante Distanzen, so ersetzt man zweckmäßig, wie es
VIERORDT geschehen ist, den Cirkel durch zwei in ein Brett gesteckte Steckn
weder benützt man zur Berührung der Haut die Köpfe der Nadeln oder,
Versuchen, die abgestumpften Spitzen derselben. (Zeitschr. f. Biologie VI, S.
ebend. XIX, S. 280.)

umschwelle lässt sich daher aus mehreren Probeversuchen als die
zwischen der untermerklichen und der übermerklichen räumlichen
ung der Eindrücke feststellen. Die Größe dieses Grenzwerthes
nach den Messungen WEBER's je nach der Hautstelle zwischen 1 und
limetern. Wählt man feinere Spitzen zur Berührung, so kann aber
stanz noch erheblich unter diese Werthe herabgehen, namentlich
die durch feinere Empfindlichkeit ausgezeichneten Druckpunkte
416) getroffen werden. Am feinsten ist die Unterscheidung an der
nspitze und an der Volarfläche der vordersten Fingerglieder, erheb-
röber an den übrigen Theilen der Hand, dem Gesichte, den Zehen
., am ungenauesten an Brust und Bauch, Rücken, Oberarm und
henkel. Hat man die Grenze, wo die zwei gleichzeitig aufgesetzten
unterschieden werden, nahezu erreicht, so wird zwar kein doppelter
ck wahrgenommen, aber man bemerkt mehr oder weniger deutlich,
cher Richtung, ob z. B. longitudinal oder transversal, die beiden
aufgesetzt worden sind. In diesem Fall hat man also offenbar von
usdehnung des Eindrucks eine bestimmte Vorstellung, aber man
heidet noch nicht, dass zwischen den berührten Punkten ein freier
enraum geblieben ist.

oenso wie Druckreize werden auch die Temperaturreize localisirt
venn sie auf zureichend entfernte Hautstellen einwirken, räumlich
hieden. Bei der directen Einwirkung auf die früher (I, S. 417 f.) er-
en Temperaturpunkte ist diese Unterscheidung am feinsten, und für
elle Kältereize ist sie wegen der größeren Empfindlichkeit für Kälte
als für die Wärmereize.

t der vorhin erwähnten Thatsache der Richtungsunterscheidung hängt wohl
ere zusammen, dass die Raumschwelle bedeutend kleiner gefunden wird,
nan die beiden Cirkelspitzen nicht gleichzeitig, sondern successiv auf-
Um zwei gleichzeitige Eindrücke zu sondern, muss man nämlich wahr-
, dass zwischen den berührten Punkten ein freier Zwischenraum liegt.
uccessive Eindrücke werden aber auch dann noch als örtlich verschieden
sst werden können, wenn ihre Distanz nur groß genug ist, dass sie sich
ollständig zu decken scheinen. Uebrigens zeigen in beiden Fällen die
nenen Werthe durchaus parallel gehende Unterschiede an den verschie-
Hautstellen.

ir lassen einen Auszug aus der von WEBER nach seinen Versuchen mit-
en Tabelle hier folgen. Die Zahlen bezeichnen die Distanzen zweier
pitzen, die eben unterschieden wurden, in Millimetern[2]).

E. H. WEBER, Annot. anat. p. 62. CZERMAK, Wiener Sitzungsber., XVII, 1855,

E. H. WEBER, Annotationes anatom., p. 50 sq. Art. Tastsinn, S. 539. Von WEBER
Resultate in Pariser Linien mitgetheilt; sie sind oben in Millimeter umgerechnet
ie bei WEBER, abgerundet.

Zungenspitze . . . .
Volarseite des letzten Fingerglieds . . . .
Rother Rand der Lippen . . . .
Volarseite des zweiten, Dorsalseite des dritten Fingerglieds . .
Nicht rother Theil der Lippen, Metacarpus des Daumens . . .
Wange, Plantarseite des letzten Glieds der großen Zehe . . .
Rückenseite des ersten Fingerglieds, Plantarseite des Mittelfußknochens der großen Zehe . . . .
Haut am hinteren Theil des Jochbeins, Stirn . . . .
Handrücken . . . .
Kniescheibe und Umgegend . . . .
Kreuzbein, oberer und unterer Theil des Unterschenkels . . .
Fußrücken, Nacken, Lenden- und untere Brustgegend . . . .
Mitte des Rückens, Mitte des Oberarms und Oberschenkels . .

Bei der Anwendung feinerer Spitzen zur Berührung, namentlic der Auswahl nicht der durchschnittlichen Werthe, sondern der werthe aus einer größeren Zahl von Versuchen, erhält man sehr v Distanzen. So fand GOLDSCHEIDER folgende Minimalwerthe, ebenfal metern[1]).

Oberfläche des Nagelglieds	0,1	Stirn	
Daumenballen	0,2—0,3	Beugefläche des Vorderarms	
Handteller	0,4—0,5	Oberarm	
Handrücken	0,3—0,6	Unterschenkel	
Wange	0,4—0,6	Oberschenkel	
Kinn und Nase	0,3	Rücken	

Die sehr viel geringere Größe dieser Werthe mag zum The bedingt sein, dass absichtlich auf einen Druckpunkt aufgesetzt wurde, maßlich jede der Spitzen mit einem der specifischen Tastapparate in kam. Außerdem ist aber zu erwägen, dass häufig sogar die Ber bloß einer Spitze, wahrscheinlich in Folge einer reflexartig auftret empfindung (I, S. 179 Anm. 1), als Doppelberührung empfunden wird wird man die nach dem WEBER'schen Verfahren erhaltenen Zahle diejenigen Werthe anzusehen haben, die ein gewisses Maß für d räumliche Unterscheidungsvermögen des Tastorgans enthalten. Uebr es bis jetzt noch an Versuchen, welche die früher (I, S. 341) erörterte Gesichtspunkte für die Anwendung der Methode der Minimaländerung die Bestimmung der Raumschwelle übertragen.

Versuche über die räumliche Unterscheidung von Temperat sind nur mit Rücksicht auf die Verbreitung der Kälte- und der W von GOLDSCHEIDER angestellt worden. Sie sind daher nur mit de Versuchen desselben Beobachters über die Unterscheidung von Druck gleichbar. Auch hier wurden bloß die bei möglichst directer Ber Temperaturpunkte mit kalten oder warmen Metallspitzen erhaltene werthe der Raumentfernung bestimmt. Auf diese Weise ergaben si Werthe in Millimetern[2]).



1) GOLDSCHEIDER, Archiv f. Physiologie, 1885, Suppl. S. 84 ff.
2) GOLDSCHEIDER a. a. O. S. 70 ff.

	Kältepunkte	Wärmepunkte
Stirn	0,8	4—5
Wange	0,8	3
Kinn	0,8	4
Bauch und Rücken	1—2	4—6
Hohlband	0,8	2
Handrücken	2—3	3—4
Fuß	3	unbestimmt

ese Resultate sind offenbar weniger für die räumliche Unterscheidung ndrücke als für die relative Menge der Temperaturpunkte maßgebend. Dem cht es, dass hier die mit dem feinsten intensiven Temperatursinn n Theile (Stirn, Wange, Kinn) auch das feinste extensive Unter-ngsvermögen zeigen.

ißer der Methode der Minimaländerungen hat für die Bestimmung der hen Unterscheidung von Tast- und speciell von Druckreizen noch die de der richtigen und falschen Fälle Anwendung gefunden. Wird den beiden Eindrücken eine unveränderliche Entfernung gegeben, welche umschwelle nahe kommt, aber etwas unter derselben bleibt, so werden oft wiederholten Beobachtungen bald richtig als zwei aufgefasst, bald i einen Eindruck verschmolzen. Bei der Vergleichung verschiedener llen wird nun das Verhältniss $\frac{r}{n}$, welches für eine gegebene Distanz ge- wird, in einem bestimmten Verhältniss zur Localisationsschärfe stehen. nacht diese Maßmethode bei ihrer Anwendung auf extensive Wahrneh-i besondere Modificationen erforderlich. Denn die Messung bezieht sich em Fall nicht, wie bei der Intensität der Empfindungen, auf Größen-schiede, sondern auf absolute Größen, nämlich eben auf die Wahr-ng bestimmter räumlicher Distanzen. Auch führt möglicher Weise der d, dass es sich um die Vergleichung verschiedener Hautstellen , weitere complicirende Bedingungen mit sich.

i den von VIERORDT und seinen Schülern ausgeführten Versuchen wurde nwissentliches Verfahren« angewandt, indem man die mit einer gegebenen *D* angestellten Versuche mit Vexirversuchen untermischte, bei denen n Eindruck stattfand, so dass der Beobachter in jedem einzelnen Fall vissen konnte, ob der Eindruck ein doppelter oder einfacher sei. Die n Versuche von CAMERER zeigen jedoch, dass auch ein »wissentliches en« angewandt werden kann, indem man fortwährend und ohne einge-exirversuche die constante Distanz *D* anwendet. Nach einiger Uebung e vorhergehende Kenntniss der Eindrücke die Auffassung nicht mehr, ja enen im Gegentheil die zufälligen Schwankungen bei diesem wissentlichen en geringer zu sein. Auch kommen, wenn man dasselbe auf Versuche ß einem Eindruck, die also den Vexirversuchen des unwissentlichen ens entsprechen, anwendet, analog wie bei den letzteren in einer ge- Anzahl von Fällen Doppelempfindungen vor[1]).

Ermangelung sicherer mathematischer Anhaltspunkte, die zur Verwerthung ch der Methode der r. u. f. F. gewonnenen Versuchsergebnisse dienen n, hat man sich meistens darauf beschränkt, mittelst einfacherer Annähe-

W. CAMERER, Zeitschr. f. Biologie, XIX, S. 285 ff.

rungsberechnungen aus den empirischen Daten Werthe zu gewir
vergleichbares Maß der Ortsempfindlichkeit abgeben. So bestimr
durch ein graphisches Verfahren, indem er die zu einander gehö
von D und $\frac{r}{n}$ durch die Abscissen und Ordinaten einer Curve d
zu $\frac{r}{n} = 1$ gehörenden Werth von D, also diejenige Distanz, bei
Fällen die Eindrücke als getrennte erkannt werden müssten. Er be
selben, da er annähernd der Feinheit der Unterscheidung umgekehr
sein muss, als Stumpfheitswerth des Raumsinns. Dieses Verfahre
lich bei kleineren Werthen von D, nicht einwurfsfrei. Immerh
so gewonnenen Zahlen ein deutliches Bild der gesetzmäßigen V
des Raumsinns, und man wird VIERORDT's »Stumpfheitswerthe«
zusammenfallend mit den oberen Grenzwerthen der Raumschwell
dürfen. Die Bestimmungen sind durchgängig bei querer Richtu
drücke (senkrecht zur Längsaxe der Körpertheile) ausgeführt [1]).

		Obere Grenzwerthe der Raumschwelle. (Stumpfheitswerthe nach VIERORDT.)	Aenderung der Län
Oberarm	oben	53,75	1/1393
	unten	44,58	
Vorderarm	oben	41,21	1/313
	unten	22,54	
Hand	oben	20,41	1/57
	unten	7,78	
3. Finger	oben	7,50	1/47
	unten	2,17	
Oberschenkel	oben	72,52	1/618
	unten	43,88	
Unterschenkel	oben	35,6	1/1375
	unten	27,5	
Fußrücken	oben	32	1/194
	unten	19,44	
Große Zehe	oben	17,25	1/94
	unten	10,33	

Hiernach nimmt an der oberen Extremität die Unterscheidung
oben nach unten, und zwar mit beschleunigter Geschwindigkeit,
unteren ist am Oberschenkel und in gewissem Grade auch am Fu
an den Zehen eine ähnliche Zunahme zu bemerken, am Unters
dagegen die Empfindlichkeit nur geringe Unterschiede. Aehnlich
wie die folgenden Zahlen zeigen, die Rumpf- und Kopfhaut, wo
Stellen, wie Augenlider, Nase, Lippen, durch feine Unterscheidu
zeichnen [2]).

1) Vgl. KOTTENKAMP und ULLRICH, Zeitschr. f. Biologie, VI, S. 37 ff. P
VII, S. 237 ff. RIECKER, ebend. IX, S. 95 ff., X, S. 177. HARTMANN, ebend
Eine ausführliche Zusammenstellung aller Versuchsresultate gibt VIERO
der Physiologie, 5. Aufl., S. 342 ff.

2) VIERORDT, Physiologie S. 344, 347.

. . . .	29,6—29,2	Schläfe	25,6
nde des Brustbeins . . .	37,0	Winkel des Unterkiefers.	30,3
- - - . . .	52,0	Wangenhaut	14—19
in gleicher Höhe . . .	64,3	Oberes Augenlid	9,05
. . . .	44,2	Unteres -	11,19
e	42,2	Oberlippe	5,19
. . . .	26,9	Unterlippe	4,58
. . . .	19,4	Nasenspitze	8,4
pt	19,8	Kinn	10,7

er den beiden genannten Methoden lässt sich für vergleichende Unter- n der Raumempfindlichkeit noch eine dritte anwenden, welche als Me- er Aequivalente bezeichnet wurde. Sie besteht darin, dass man bestimmte Hautstelle eine Spitzendistanz A, welche größer als die Raum- sein muss, einwirken lässt, und für eine zweite Hautstelle diejenige ermittelt, welche als gleich groß aufgefasst wird. Es wird dann der $\frac{A}{B}$ als das Aequivalenzverhältniss zu betrachten sein; je mehr von der Einheit abweicht, um so verschiedener ist die Raumempfind- beider Hautstrecken. Durch successive Vergleichungen vieler Hautstellen nder kann auf diese Weise eine größere Reihe von Aequivalenzwerthen werden. Umfangreiche Versuche nach dieser Methode wurden na- von CAMERER ausgeführt[1]). Die Versuche müssen, um die constanten er Raum- und Zeitlage zu eliminiren, variirt werden, indem man bald ersten bald auf der zweiten Hautstelle die Normaldistanz A, auf der ie Vergleichsdistanz B wählt, und indem man ferner bald mit einem h $> A$, bald mit $B < A$ beginnt und allmählich zur Gleichheit fort- Endlich muss die Veränderung des Aequivalenzverhältnisses bei wech- Normaldistanz A untersucht werden. CAMERER hat auf diese Weise an onen die Aequivalenzverhältnisse für Stirn und Lippe $\left(\frac{St}{L}\right)$, Stirn und nk $\left(\frac{St}{Hg}\right)$, Handfläche und Stirn $\left(\frac{V}{St}\right)$, Finger und Lippe $\left(\frac{F}{L}\right)$ bestimmt. s sind die Mittelwerthe aus sämmtlichen Versuchen[2]).

stanzen	$\frac{St}{L}$	$\frac{St}{Hg}$	$\frac{V}{St}$	A-Distanzen	$\frac{F}{L}$
Linien	1,668	1,0165	0,972	0,5 Linien	1,051
-	1,353	0,9763	1,012	1,0 -	1,055
-	—	—	1,022	1,5 -	1,044
-	—	—	1,013	2,0 -	1,033
-	—	—	1,000	2,5 -	1,028
-	—	—	1,017	3,0 -	1,025

neinen scheinen somit die Aequivalenzverhältnisse mit wachsender Di- h mehr und mehr der Einheit zu nähern, so dass bei größern Distanzen ken dann gleich geschätzt werden, wenn sie wirklich annähernd gleich noch um minimale Werthe verschieden sind. In einer Reihe weiterer hungen verglich CAMERER die mittleren und seitlichen Partien eines

MERER, Zeitschr. für Biologie, XXIII, S. 509 ff.
MERER a. a. O. S. 533.

Körpertheils sowie die Tastempfindlichkeit in der Quer- und in der
tung. In ersterer Beziehung fanden sich nur sehr geringe Unter
gefundenen Aequivalenzverhältnisse schwankten um die Einheit; dag
Empfindlichkeit in der Querrichtung fast constant etwas größer als in
richtung.

Ein sicherer Weg zur exacten Verwerthung der mittelst der M
r. und f. Fälle sowie der Aequivalenzmethode gewonnenen Resul
jetzt noch nicht gefunden. Mit Rücksicht auf die oben erörterten
Bedingungen der Messung haben sowohl FECHNER[1]) wie vor ihm b
MÜLLER[2]) versucht, die für die Intensitätsmessung verwendeten Formel
in einer für diesen Zweck geeigneten Weise zu modificiren, ohne
übereinstimmenden und befriedigenden Resultaten zu gelangen. FE
diejenigen Fälle, in denen keine zwei Eindrücke, sondern nur ein
nommen wurde, den Gleichheitsfällen bei der Intensitätsmessung
nimmt daher wie dort $r' = r + \frac{g}{2}$ und wendet dann das GAUSS's
an, indem er in dem Product hD die Größe D als den Werth de
Distanz bestimmt und dieses Product um die Constante k vermehr
rechtigung der letzteren leitet er aus dem Umstande ab, dass man,
nur ein Eindruck eingewirkt hat (in so genannten Vexirversuchen
zwei wahrzunehmen glaubt, dass also, auch wenn $D = 0$ ist, t
einen bestimmten Werth behalten muss. Die Constante k ist dann
stimmen, dass sie die erforderliche Uebereinstimmung mit den Be
herbeiführt. G. E. MÜLLER betrachtet dagegen die Fälle, in den
Eindruck geschätzt wurde, als falsche Fälle. Er geht dann von de
aus, dass in einem gegebenen Beobachtungsfall die Raumschwelle
einen kleinen Fehler $\pm s$ um ihren mittleren Werth S schwanken
werde daher der Eindruck einer Doppelberührung entstehen, wenn d
Distanz $D > S \pm s$ ist, und in einer großen Zahl mit constantem D
Versuche werde daher $\frac{r}{n}$ der relativen Häufigkeit der Fälle, in denen
ist, entsprechen. Diese Fälle umfassen aber 1) diejenigen, in den
ist, und deren wahrscheinliche Summe die Hälfte aller ausmacht,
jenigen, in denen s positiv, aber $< D - S$ ist. Die Wahrschein
letzteren wird dann wieder durch das GAUSS'sche Integral $\int_0^t e^{-t^2} dt$
wenn man in demselben $t = hs$ und als obere Grenze $(S-D)h$
aus ergibt sich die Beziehung

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{(S-D)h} e^{-t^2} dt.$$

Für den Fall $\frac{r}{n} = \frac{1}{2}$ ist das Integral $= D$ und also $S = D$, so
Werth unmittelbar zur Bestimmung der Schwelle S sich eignet,

1) G. TH. FECHNER, Abhandl. der sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl
S. 111 f.

2) G. E. MÜLLER, PFLÜGER's Archiv, XIX, S. 191 ff.

findlichkeit umgekehrt proportional gesetzt werden kann. Bestimmt man die Abstände D_1 und D_2, die an zwei verschiedenen Hautstellen zur g eines gleichen $\frac{r}{n}$ erforderlich sind, so ergibt sich, da im allgemeinen das Präcisionsmaß wie die Schwelle mit der Hautstelle variabel sein

$$(D_1 - S_1)\,h_1 = (D_2 - S_2)\,h_2 = T$$

raus

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{(T + S_1 h_1)\,h_2}{(T + S_2 h_2)\,h_1}$$

ist ersichtlich, dass, wenn für zwei D_1 und D_2 an verschiedenen Haut- lasselbe $\frac{r}{n}$ gefunden wird, dies nur dann gleiche Feinheit des Orts- edeutet, wenn das Präcisionsmaß für beide dasselbe ist, was, wie Müller Versuchen verschiedener Beobachter schließt, nicht zutrifft[1]). Fechner mehrere Versuchsreihen von Camerer sowohl seine eigene wie die sche Formel angewendet, ohne jedoch zu befriedigenden Ergebnissen zu [2]). Dies erklärt sich wohl daraus, dass, wie früher (I, S. 353) ausge- urde, die Methode der r. und f. Fälle keine sichere Schwellenbestimmung während vergleichbare Werthe des Präcisionsmaßes wegen der ver- en Unterscheidungsfähigkeit der einzelnen Hautstellen nicht oder doch Grund der schon bekannten Raumschwellen gewonnen werden könnten. upt begegnet die der früheren analoge Anwendung des Gauss'schen auf diesen Fall dem Bedenken, dass es sich hier um Werthe einer en Reizschwelle, nicht einer Unterschiedsschwelle handelt. zige zur Ermittelung einer absoluten Reizschwelle, sei es nun einer erklichen Empfindungstärke, einer eben wahrnehmbaren Tonqualität oder en wahrnehmbaren Raumstrecke, geeignete Verfahren ist aber die Me- er Minimaländerungen: stets muss man die Schwelle direct aufsuchen, nan sich ihr von unten oder oben (von unter- oder übermerklichen aus) nähert, und aus den richtigen oder falschen Urtheilen bei einer oluten Schwelle naheliegenden Reizstärke wird sich immer nur auf un- Umwegen ein unzuverlässigeres Ergebniss gewinnen lassen als auf irecten Wege. Die nämlichen Gründe, aus denen man bisher eine Be- g der absoluten Reizschwelle bei Schallintensitäten, Tonhöhen u. dergl. der Methode der r. und f. Fälle vermieden hat, dürften daher gegen nwendung im vorliegenden Falle sprechen.

len Hautbezirk, innerhalb dessen eine räumliche Scheidung ver- ner Eindrücke nicht mehr möglich ist, bezeichnet man nach einem H. Weber eingeführten Ausdruck als einen Empfindungskreis. nze Oberfläche der Haut kann man sich demgemäß aus einer Menge npfindungskreisen bestehend denken, deren Größe entsprechend

---

abellen für die Anwendung der Fechner'schen sowie auch der Müller'schen uf die Versuchsergebnisse vergl. bei Fechner a. a. O. S. 206 f.

amerer, Zeitschr. f. Biologie, XVII, S. 1 ff., XIX, S. 280 ff. Fechner a. a. O.

der extensiven Reizschwelle an den verschiedenen Stellen
lichen Haut etwa zwischen einem und 68 Millimetern variirt.
weise Aenderungen in der Fähigkeit der räumlichen Unters
allgemeinen nicht beobachtet werden, sondern die Raumem
innerhalb eines gegebenen Hautbezirks in der Regel constan
nimmt man an, die einzelnen Empfindungskreise griffen de
einander, dass unendlich nahe der Grenzlinie eines ersten Kr
die eines zweiten liege, u. s. w. (Fig. 144). Nun werden zw
so lange einfach empfunden we
Distanz ab, die sie trennt, inne
Empfindungskreises gelegen ist. Si
gegen von einander unterschieden
bald sie um einen Zwischenraum
ander entfernt sind, der nicht me
eines einzigen Kreises Platz hat. N
Stellen der Haut kann man den E

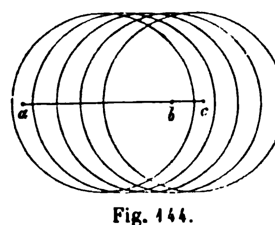


Fig. 144.

kreisen eine wirklich kreisförmige Gestalt zuschreiben. Mei
Unterscheidungsfähigkeit in longitudinaler und querer Richtung
und zwar in der letzteren feiner als in der ersteren [1]). Hier
Flächenstücke von längsovaler Form angenommen werden.
Bezirke, welche Gestalt sie auch besitzen mögen, greifen
wie dies in Fig. 144 für die horizontale Richtung dargestellt
Richtungen über einander, so dass die Distanz von jedem
eines Bezirks zum Grenzpunkt eines nächsten gegen die Gr
zirke selber verschwindet.

Der Begriff des Empfindungskreises, wie er hier aufges
ist bloß ein anderer Ausdruck für die Thatsache der räumlic
und ihrer Größenverschiedenheiten; über die in der Haut get
richtungen wird durch denselben noch nichts festgestellt.
schehen kann, müssen die verschiedenen Einflüsse erwogen sei
die Ausdehnung der Empfindungskreise abhängt. Von diese
weisen aber die einen auf in der Organisation gegebene un
Structurbedingungen, die andern auf die Mitwirkung mehr v
chologischer Momente hin.

Unter den Structurbedingungen stehen die Verhältnisse
vertheilung und der Verbreitung besonderer Tastapparate
reicher ein Hautbezirk an sensibeln Nerven ist, die sich in ih
um so feiner ist in ihm die Unterscheidung. Hauptsächlich
reichsten Theile sind außerdem mit Tastkörperchen und En

1) Weber, Annotationes anat. p. 49.

durch welche wahrscheinlich die Nerven den Druckreizen leichter
ich gemacht sind[1]). Sobald zwei mit solchen Apparaten versehene
ınkte der Haut mit hinreichend punktförmigen Eindrücken getroffen
. so werden diese auch, wie es scheint, räumlich getrennt aufge-
Darum bleiben die auf solche Weise unterschiedenen Minimal-
zen stets erheblich unter dem Durchmesser der nach der Raum-
e für ausgebreitetere Eindrücke bemessenen Empfindungskreise[2]).
nd jene Endgebilde keineswegs zur Localisation der Eindrücke
lich, da Hauttheile, welche derselben ganz entbehren, trotzdem zur
hen Unterscheidung befähigt sind, und da Hautnarben, deren Ge-
war sensible Nerven, aber keinerlei Tastkörper führt, gleichwohl
ke nicht nur empfinden, sondern auch localisiren[3]). Zudem ist das
nandergreifen der Empfindungskreise, wie es (nothwendig voraus-
werden muss, mit der Annahme von Tastorganen, welche durch
men unempfindliche Stellen getrennt wären, kaum oder doch
ns bei den durch großen Reichthum an Tastkörpern ausgezeichneten
vereinbar. Auch die Verhältnisse der räumlichen Ordnung der
pfindungen weisen daher auf die Vorstellung hin, dass hier die
fasern selber durch die auf sie einwirkenden Druckreize erregbar
Die übrigen Structurverhältnisse der Haut, welche die Empfind-
derselben wesentlich bestimmen, wie namentlich die Dicke der
ıt, üben auf die Feinheit der Localisation keinen directen Einfluss
autstellen, welche, wie Rücken und Wangen, wegen der Zartheit
berhaut gegen schwache Reize sehr empfindlich sind, besitzen
lungskreise von bedeutender Größe. Als unmittelbare Folge der
igkeit von der Nervenvertheilung ist aber jedenfalls der Einfluss
rperwachsthums zu betrachten. Bei Kindern sind, wie CZERMAK
lie Empfindungskreise viel kleiner als bei Erwachsenen. Da nun
ıze Zahl der Nervenfasern während des Wachsthums wahrschein-
cht erheblich sich ändert, so muss, je mehr durch das Wachs-

ergl. I, S. 303.
ergl. die beiden Tabellen auf S. 8.
USSANA (Arch. ital. de biol., IX, p. 268), der bei einem in Folge einer Ver-
g eingetretenen großen Hautdefect noch Druck- und Schmerzempfindlichkeit
tete, konnte allerdings die Unterscheidung einer Doppelberührung nicht con-
Aber da der Defect schwerlich den Durchmesser der größten Empfindungs-
. B. am Rücken) erheblich überschritten haben dürfte, so ist daraus nicht zu
ı, dass das Narbengewebe unter allen Umständen zur räumlichen Unterschei-
n Eindrücken unfähig sei. Vielmehr ist principiell eine solche Unterscheidungs-
offenbar vorauszusetzen, sobald überhaupt Localisation stattfindet, wenn
einzelnen Fall eine Narbenfläche sehr selten die dazu erforderliche Größe
ı mag. Denn die Localisation als die Verlegung eines Eindrucks an einen
ten Ort schließt doch ein, dass auch gleichzeitig ein zweiter Eindruck an
dern Ort verlegt werden könne.
'gl. I, S. 321.

thum die Körperoberfläche zunimmt, der einer gegebenen Zahl
entsprechende Hautbezirk vergrößert werden. Es muss ungefäh
liche Erfolg eintreten, den man bei der Dehnung der Haut, z.
Schwangerschaft, beim Druck von Geschwülsten oder bei der
eines beweglichen Körpertheils wie des Halses, beobachtet: au
letzteren Fällen vermindert sich aber die Feinheit der Ortsunters
Die Vergrößerung der Empfindungskreise während des Wachst
sich demnach als eine einfache Folge der dabei stattfindenden A
der Hautoberfläche betrachten. Auch die oben hervorgehoben
tung, dass an den meisten Stellen des Körpers in querer Richtu
drücke deutlicher als in longitudinaler unterschieden werden,
dieselbe Ursache zu beziehen sein. Fast an allen Theilen d
lichen Körpers, namentlich aber am Rumpf und an den Extremit
wiegt nämlich das Längswachsthum die Zunahme in den ande
messern[2]). Stellen wir uns demnach vor, die Empfindungsbe
ursprünglich wirkliche Kreise, so müssen dieselben in Folge d
thums in eine längsovale Form übergehen.

Gegenüber diesen im allgemeinen gleichförmigen Organisa
gungen machen sich nun in mehr veränderlicher Weise ande
geltend, die auf eine Mitwirkung psychologischer Factoren
Zunächst kommt hier, noch theilweise hinüberreichend in das G
siologischer Vorbedingungen, der Einfluss der Bewegungen i
Je vielseitiger und feiner die Bewegung eines Körpertheils ist,
nauer geschieht die Localisation. Diese ist daher am unvollk
auf jenen großen Flächen des Rumpfes, die keine Bewegung
gegen einander zulassen, und unter den Abtheilungen der E
an den längsten, dem Oberschenkel und Oberarm; sie ist am
den außerordentlich beweglichen Finger- und Zehengliedern,
an der Volarfläche, die vorzugsweise bei den Bewegungen zu
der Gegenstände benützt wird. Schon dieser letzterwähnte F
aber auf Miteinflüsse hin, die es sehr unwahrscheinlich ma
zwischen der Beweglichkeit der Theile und der Feinheit der

---

1) CZERMAK, Wiener Sitzungsber., XV, 1855, S. 466, 487, und MOLESC
suchungen I, S. 202. G. HARTMANN, Zeitschr. f. Biologie, XI, S. 99. TE
XVIII, S. 247. Uebrigens ist es wahrscheinlich, dass in allen diesen Fä
die stärkere Spannung der Haut die Localisationsschärfe beeinträchtigt.
G. HARTMANN bei der Streckung des Halses die Veränderung nur unbe
betrug bloß 8 % des Normalwerthes. Die von E. SCHIMPF gemachte Beoba
an einem durch Anchylose des Kniegelenks atrophisch gewordenen Bei
schwelle durchweg etwas kleiner war als auf der gesunden Seite, ist w
umgekehrt auf die Schrumpfung der Hautbezirke zu beziehen (SCHIMPF,
Biologie XVII, S. 62 ff.).

2) Vgl. die Tabellen bei HARLESS, Lehrbuch der plastischen Anatom
S. 192.

ng, abgesehen von dieser allgemeinen Abhängigkeit, irgend eine Beziehung aufzufinden sei[1]). Auch sind die beweglicheren Theile meinen zugleich diejenigen, die durch feinere Nervenvertheilung und here Endorgane ausgezeichnet sind. Ebenso beruht es wohl auf erbindung dieser Bedingungen, der Vertheilung der Tastnerven und flusses der Bewegung, dass, wenn man zwei gegen einander che Körpertheile, z. B. die beiden Lippen oder die Haut an den Grenzen eines Gelenkes, berührt, eine minimale Distanz noch er- verden kann[2]).

der Bewegung hängt der Einfluss der Uebung so nahe zusammen, ide kaum von einander zu sondern sind. Denn die Uebung wird chlich durch fortwährende Tastbewegungen gefördert, und unbe- e Theile sind der Uebung fast ganz unzugänglich. So beobachtet ass bei Blinden, deren Unterscheidung mittelst der Haut oft außer- ich fein ist, doch hauptsächlich die beweglicheren tastenden Glieder ser Vervollkommnung theilnehmen; auch kommen bei ihnen stets le Tastbewegungen der Unterscheidung zu Hülfe[3]). Besonders schla- ezeugen die Entwicklungsfähigkeit des Tastsinnes die seltenen Fälle indgeborenen oder in frühester Lebenszeit Erblindeten. Hier, räumliche Anschauung vollständig in den Tast- und Bewegungs- ungen aufgeht, wo zuweilen, wie in dem Fall der Laura Bridgman derer blinder Taubstummer, noch andere Sinnesmängel sich hinzu- , so dass die sinnliche Auffassung fast ganz dem allgemeinen ne zufällt, kann sich dennoch ein verhältnissmäßig reiches Vor- gsleben entwickeln, das sich neue und eigenthümliche Mittel des cks schafft. Von der Form, in der solchen Unglücklichen die Welt

ʼIERORDT hat geglaubt eine solche Beziehung nachweisen zu können, die er zu setz formulirt, dass die Feinheit der Ortsunterscheidung proportional sei dem eines Hautbezirks von der Drehungsaxe, um welche der betreffende Körper- wegt wird. (PFLÜGER's Archiv, II, S. 297, Grundriss der Physiologie. 5. Aufl., An der oberen Extremität scheinen sich die Resultate am ehesten dieser Regel (siehe die Tabelle auf S. 10). Dabei erfährt an jeder Gelenkaxe, Ellbogen, ind Fingergelenken, die Unterscheidungsschärfe eine plötzliche Zunahme, und hst an jedem dieser Theile mit verschiedener Geschwindigkeit. Doch sind schon der Beugeseite des Glieds, vermuthlich wegen der mannigfachen beim Tasten enden Miteinflüsse, die Beziehungen zwischen der Bewegungsgröße der Theile r Genauigkeit ihrer Localisation weniger deutlich. An der untern Extremität n der Rumpf- und Kopfhaut geht zwar im allgemeinen die Empfindlichkeit der chkeit der Theile parallel, aber die Verhältnisse der Bewegung sind hier überall ickelt, als dass an die Feststellung einer quantitativen Beziehung zu denken

WEBER, Annot. anat. p. 60.

CZERMAK, Wiener Sitzungsber., XV, S. 482. GOLTZ, De spatii sensu cutis. Dissert. erg 1858. GÄRTTNER, Zeitschr. f. Biologie XVII, S. 56.

erscheint, kann sich der Mensch, der im Vollbesitz seiner Sir
freilich kaum ein anschauliches Bild machen[1]).

Entsprechend dem Einflusse der Uebung ist die Größe der
dungskreise, bei völlig constant erhaltenen Wachsthums- und
Organisationsbedingungen, keine unveränderliche. Das Tastorgan
Menschen befindet sich in einem Zustande, in welchem die G
der Localisation durch Uebung geschärft werden kann. Aber die
keit der Weiterentwicklung ist wieder an den einzelnen Hautst
verschiedene. Je größer die bereits erworbene Vollkommenhei
so weniger ist eine weitere Vervollkommnung möglich. So fand
dass an der von Natur wenig geübten Haut des Ober- und Unte
Erfolg der absichtlichen Uebung weit bedeutender war als an
seite der Fingerglieder. Auch bei verschiedenen Individuen we
Einfluss der Uebung sowie die Geschwindigkeit, mit der sie sic
macht. Doch ist meist schon nach Versuchen von wenigen St
Grenzpunkt erreicht, der nicht mehr überschritten wird, weil die
der Uebung fast ebenso schnell wieder verloren gehen, als sie e
sind[2]). Auch wirkt, wenn man die Beobachtungen lange Zeit
die Ermüdung, die zum Theil in einer physiologischen Abstum
Tastorgans, namentlich aber in der Abnahme der Aufmerksamke
stehen pflegt, den Einflüssen der Uebung entgegen[3]). Uebrigens
letztere, wie Volkmann fand, nicht nur auf die direct von den
getroffene Hautstelle, sondern immer auch gleichzeitig auf die sym
Stelle der andern Körperhälfte, welche in völlig gleichem Maß
Erfolg Theil nimmt, während sich dagegen auf asymmetrische The
Seiten oder auf verschiedenartige einer Seite nur in sehr gering
dieser Einfluss erstreckt; am meisten ist ein solcher noch an ben
Stellen zu erkennen. So gewinnen z. B. durch die Uebung eine
auch die andern Finger der nämlichen Seite.

Mit den Wirkungen der Uebung stehen endlich jene Einflüsse

1) Laura Bridgman, taubstumm geboren, erblindete zu Ende ihres zwei
jahres und verlor bald darauf in Folge einer Eiterung Geruch und Geschmac
In einer Blindenanstalt erzogen, erwarb sie sich nach den Berichten ihrer
Besucher eine feine Bildung und die verschiedenartigsten Kenntnisse, in de
hervorragender Begabung und hoher Wissbegierde rasche Fortschritte macht
sie, in dem Blindenasyl zu Massachussetts erzogen, die Wortsprache erlernte
und träumte sie doch in der Fingersprache. Starke Tonschwingungen nahm
den Tastsinn der Füße wahr. Die Localisationsschärfe ihres Tastsinns üb
den Beobachtungen von Stanley Hall um das 2- bis 3fache die gewöhn
vergleiche über diesen und ähnliche Fälle Burdach, Blicke in's Leben, III, S.
wie die ebend. S. 304 angeführte Literatur, speciell über Laura Bridgman
Hall, Mind, April 1879. W. Jerusalem, Laura Bridgman, Wien 1890, S. 31 ff

2) Volkmann, Sitzungsber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1858, S. 38 ff.

3) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 37 ff.

ammenhange, welche die veränderte Erregbarkeit der sensibeln Nerven, ; eine solche nun in dem peripherischen Verbreitungsgebiet oder inner-) der centralen Leitungsbahnen stattfinden, ausübt. Eine verminderte pfindlichkeit der Haut, wie sie bei einem Druck auf die Hautnerven, . beim sogenannten Eingeschlafensein der Glieder, oder bei der localen vendung anästhetischer und narkotischer Mittel, Aether, Chloroform, phium, beobachtet wird, ist stets mit einer Abstumpfung der Unter- eidungsfähigkeit verbunden[1]). Dasselbe beobachtet man bei Rücken- ks- und Hirnaffectionen, welche theilweise Anästhesie der Haut im Ge- e haben[2]). Bei mäßiger Abnahme der Empfindlichkeit besitzen nur Empfindungskreise einen größeren Umfang als im normalen Zustand, höheren Graden der Anästhesie finden meistens zugleich mehr oder iiger bedeutende Täuschungen über den Ort der Berührung statt. ientlich beobachtet man, dass Eindrücke, die eine krankhaft unem- dliche Hautstelle treffen, an einen Ort verlegt werden, der im gesunden tand von geringerer Empfindlichkeit ist. Ein Patient z. B., der an sthesie der unteren Extremitäten leidet, kann Eindrücke auf den Un- chenkel oder Fuß an den Oberschenkel verlegen[3]). Endlich ist wohl den Einfluss der Uebung auch die bei chirurgischer Transplantation Hautstellen beobachtete allmähliche Veränderung der Localisation zu iehen. Nach der Rhinoplastik aus der Stirnhaut z. B. verlegt der ent zunächst noch die Eindrücke in die Stirngegend. Diese Täuschung ht aber bald einer richtigen Localisation Platz[4]).

---

1) Kremer, Pflüger's Archiv, XXXIII, S. 271. Das Morphium scheint sich nach en Versuchen von den eigentlich anästhetischen Mitteln (Aether, Chloroform) da- h zu unterscheiden, dass bei den letzteren die Abnahme der Raumempfindlichkeit die betroffene Stelle beschränkt bleibt, während sie sich bei der subcutanen In- on des ersteren in mehr oder minder großem Umfange über die Injectionsstelle ehnt.

2) Brown-Séquard hat in mehreren Fällen von Hyperästhesie, namentlich bei Herd- ankungen in den Hirnschenkeln und im Pons, gefunden, dass die Patienten geneigt en die Eindrücke zu vervielfältigen, also z. B. drei statt zwei Berührungen zu finden (Archives de physiol., I, p. 461). Ich habe die nämliche Erscheinung auch Hyperästhesie in Folge von Rückenmarkserkrankungen sowie bei einem Patienten der Darreichung kleiner Dosen von Strychnin beobachtet. Sie beruht vermuthlich uf, dass solche Kranke leicht ihre subjectiven Empfindungen mit dem äußeren Iruck vermengen. Uebrigens findet es sich bei den oben (S. 9) erwähnten s. g. Vexir- uchen, dass auch normale Individuen zuweilen zwei Eindrücke statt eines zu finden glauben, und zwar tritt dies nicht bloß bei unwissentlichen, also eigent- en Vexirversuchen ein, sondern gelegentlich selbst bei wissentlichem Verfahren, d. h. n man weiß, dass thatsächlich nur ein Eindruck stattfand. (Camerer, Zeitschr. f. ogie, XIX, S. 297.)

3) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 47.

4) Uebrigens bedürfen diese Erscheinungen, namentlich mit Rücksicht auf die sich oildenden neuen Nervenverbindungen, noch einer näheren Untersuchung.

3. Räumliche Tastwahrnehmungen.

Auf der Localisation der Tastempfindungen beruht un
Fähigkeit des Tastorgans, Vorstellungen von der Ausdehnung
der berührenden Objecte zu vermitteln. Die einfachste Vors
tastbaren Strecke besteht in der Vorstellung der Entfernun
rührender Punkte von einander. Eine solche kann naturgem
stehen, wenn die extensive Schwelle erreicht oder übersc
von da an ist sie aber nun keineswegs etwa der Localisation
portional, sondern sobald Eindrücke von einer bestimmten Dista
unterschieden werden, erscheinen sie an den verschiedenste
in annähernd gleicher räumlicher Entfernung. In höherem
Auffassung der **Gestalt** der Objecte von der Localisationsschä
Schneidet man z. B. aus Pappe eine größere Zahl kreisförmig
dratischer Scheiben von verschiedener Größe, so findet man, d
bei einem um so kleineren Durchmesser unterschieden werd
die Ortsempfindlichkeit der betreffenden Hautstelle ist. Alle
lichen Wahrnehmungen bleiben jedoch verhältnissmäßig sch
men, so lange die Eindrücke das ruhende Tastorgan berühr
naue Auffassung ihrer Form ist in solchem Falle kaum möglic
eine einfache räumliche Ausdehnung und Entfernung, wie
berührender Cirkelspitzen, wird in Bezug auf ihre absolut
unsicher bestimmt: im Vergleich mit der Gesichtsvorstellung
Tastbild in diesem Falle stets erheblich **verkleinert**, w
überzeugt, wenn man nach dem Tasteindruck die scheinbar g
an einem Gesichtsobject herstellen lässt. Außerdem aber is
Auffassung absoluter Entfernungen im Tastfelde, abgesehen v
erwähnten Einflüssen auf die Größe der Empfindungskreis
mannigfachen physiologischen und psychologischen Bedingung
So erscheint eine und dieselbe Distanz bei stärkerer Berühru
bei schwacher Berührung; ein unmittelbar vorangegangener E
ändert den ihm nachfolgenden durch Contrast: er lässt ihn, w
ist, kleiner, wenn er kleiner ist, größer erscheinen, als d
den vorangegangenen contrastirenden Eindruck erscheinen w

---

1) WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 35 ff.
wähnte successive Contrast ist auch von CAMERER bestätigt worden (Z
XIX, S. 281). Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch ein **simultane**
kommt, welcher dann wohl in einem wechselseitigen Einfluss der
stehen wird.

e Auffassung sowohl der räumlichen Entfernungen der Eindrücke wie
rm berührender Objecte gewinnt wesentlich an Schärfe und Sicher-
enn wir die Theile bewegen. Dabei bietet zugleich die Bewegung
rtheil dar, dass sie es gestattet, die Hautstellen von der größten
ationsschärfe, wie die Fingerspitzen, successiv mit den einzelnen
eines ausgedehnten Objectes in Berührung zu bringen. Vorzugs-
zum Zweck der Gestaltenwahrnehmung werden daher jene Tastbe-
gen verwendet, mit deren Hülfe sich der Blinde einen gewissen Er-
r den Verlust des vollkommneren Raumsinnes verschafft. Wie groß
er Einfluss der Uebung ist, zeigt sich besonders an der Schnellig-
mit der viele Blinde die erhabenen Lettern der Blindenschrift
iffern im Stande sind, wobei freilich, ähnlich wie bei dem Lesen
henden, die Reproduction der Vorstellungen in die Lücken des
des ergänzend eintritt. Hierbei ist es zugleich bezeichnend für die
nsweise des Tastorgans, dass das praktische Bedürfniss dazu ge-
at, die gewöhnlichen Schriftzeichen durch Combinationen von Punkten
tzen. So besteht das übliche Blindenalphabet aus folgenden Sym-

b c d e f g h i k l m

o p q r s t u v w x y z

Gegensatz zum Auge, welches continuirliche Linien leichter auf-
ildet das Tastorgan die relativ vollkommensten räumlichen Vorstel-
mittelst discreter einfacher Eindrücke [1].
i der Wahrnehmung mittelst der bewegten Tastorgane setzen wir
loß die successiven Eindrücke zu einer simultanen Vorstellung von
stalt des Objectes zusammen, sondern wir gewinnen auch gleich-
die Vorstellung unserer eigenen Bewegung. Dagegen entsteht die
lung einer Bewegung des äußeren Objectes, wenn dasselbe auf
uhenden Tastorgan sich verschiebt. Im letzteren Fall ist die Vor-

Zum Schreiben bedienen sich die Blinden für sich selbst der obigen Zeichen,
mit einer stumpfen Nadel ausführen, für Sehende wenden viele von ihnen die
liche Schrift an, die aber namentlich bei den Blindgeborenen von der normalen
bzuweichen pflegt, dass die einzelnen Buchstaben getrennt bleiben, und fast
f verticale und horizontale Linien reducirt sind, — augenscheinlich weil letztere
ngen mittelst der bloßen Tastempfindungen am correctesten ausgeführt werden
Der Güte STANLEY HALL's verdanke ich einen Brief von Laura Bridgman, welcher
igenthümlichkeiten sehr auffallend zeigt.

stellung der Größe der Bewegung zugleich von der Geschwind
selben abhängig, und zwar sind wir allgemein geneigt, schn
gungen zu unterschätzen, langsame zu überschätzen [1]. Wird
dieser Bewegung das Object über Stellen von sehr verschiede
sationsschärfe hingeführt, so kann die Vorstellung einer Gesta
desselben entstehen. Die Spitzen des geöffneten Cirkels z.
sich, wie E. H. WEBER bemerkte, von einander zu entfernen,
sie von dem Ohr gegen die feiner empfindenden Lippen hin b
sich zu nähern, wenn man die entgegengesetzte Bewegung
Andere Täuschungen, welche ebenfalls mit der Combination der
Bewegungsvorstellungen zusammenhängen, entspringen daraus
den Tastorganen gegenüber den sie berührenden Objecten eine
Lage anweisen können. Kreuzt man z. B. zwei Finger über ei
Kugel, so entsteht deutlich die Vorstellung von zwei Kugel
bei der gewöhnlichen Lage der Finger die Eindrücke der beiden
Kugelsegmente richtig zur Vorstellung einer einzigen Kugel ve
werden dieselben nun so combinirt, wie sie bei der gewöhnli
kreuzten Stellung zu einer Vorstellung combinirt werden müss

So lange die Tastobjecte, wie es gewöhnlich der Fall ist, di
Haut berühren, so verlegen wir auch in der Vorstellung die
mittelbar auf die tastende Oberfläche. Wenn wir dagegen mit
empfindlicher künstlicher oder natürlicher Tastwerkzeuge den C
stellen, so verlegen wir, obgleich natürlich auch in solchen
Empfindung an der Oberfläche der Haut stattfindet, dennoch
an die äußere Berührungsstelle mit jenem Tastwerkzeug. So
beim Gehen am Stock den Widerstand des Bodens an der
Stocks, bei dem Gebrauch von Werkzeugen die Wirkung dersel
Berührungsstelle mit dem Object zu empfinden. Ebenso emp
bei der Berührung unempfindlicher Hautanhänge, der Nägel,
Zähne, stets mindestens neben dem Eindruck auf die Haut s
solchen an der unempfindlichen Berührungsstelle [4]). Auch dem
fehlt also, obgleich es nur durch die Berührung Vorstellungen
stände entwickelt, doch nicht ganz jene Verlegung der Obj
Ferne, die beim Gesichtssinn eine so große Bedeutung gewinn

1) VIERORDT, Grundriss der Physiol., 5. Aufl., S. 351.
2) WEBER, Art. Tastsinn, S. 525.
3) WEBER, ebend. S. 542.
4) Auf die Projicirung der Empfindung in diesen Fällen hat zuerst
auf die doppelte Localisation FECHNER aufmerksam gemacht. Vgl. WEBER a.
LOTZE, Medizin. Psychologie S. 428 ff.

-. Die Vorstellung der Lage und der Bewegungen des eigenen Körpers.

ie Vorstellung der eigenen Lage und Bewegung bezieht sich ent- auf einen einzelnen Körpertheil oder auf den Gesammtkörper. In Fällen sind die Lagevorstellungen die relativ einfacheren, da sie ugleich die Bewegungsvorstellungen begleiten.

ie Empfindungscomponenten, die an der Vorstellung der Lage eines rtheils mitwirken, sind früher (I S. 421) erörtert worden. Alle diese nenten, Gelenk-, Haut-, Sehnen- und Muskelempfindungen, ver- lzen in der Vorstellung derart, dass sie weder sicher getrennt, noch einzeln localisirt werden können. Indem aber jeder Stellung eines rtheils ein bestimmtes Verhältniss jener Componenten entspricht, ierin zugleich die Möglichkeit einer Unterscheidung der verschiedenen ngen von einander und ihrer Beziehung auf bestimmte Richtungen ume. Diese hauptsächlich, wie wir sahen, unter dem Einfluss der empfindungen zu Stande kommende Orientirung ist nun zugleich ler jeweils vorhandenen Vorstellung der Lage des Gesammtkörpers gig, ebenso wie anderseits die letztere wiederum durch die einzelnen orstellungen der Körpertheile bedingt wird. Von einer für sich be- den Lagevorstellung eines einzelnen Körpertheils kann daher immer lann die Rede sein, wenn wir das Lageverhältniss desselben zu n Theilen zur isolirten Auffassung bringen, und die Vorstellung der des Gesammtkörpers wird stets dadurch bestimmt, dass die Lage einzelnen Theils einerseits in ihrer Beziehung zum äußeren Raum, seits in ihrem Verhältniss zu andern Körpertheilen aufgefasst wird. zur Orientirung dienende Körpertheil kann je nach den obwalten- edingungen wechseln: in den meisten Fällen scheint der Kopf, zu- aber auch eine andere Körperregion wie der Rumpf oder das untere nitätenpaar die fundamentale Orientirung, auf welche dann alle spe- Lageverhältnisse bezogen werden, zu vermitteln. Hiernach bestehen agevorstellungen überhaupt nur in Vorstellungen über das Lage- iltniss einzelner Körpertheile zu einander und in der Vorstellung rientirung irgend eines durch die Bedingungen der objectiven räum- Wahrnehmung bevorzugten Theils zum äußeren Raum. Das Haupt- einer solchen Bevorzugung besteht aber wahrscheinlich in der lung dieses Orientirungsorganes zu objectiven räumlichen Wahrneh- en. So erklärt es sich, dass der Kopf als Träger des Gesichtssinns auptsächlichste Orientirungsorgan ist, dem nur in gewissen Fällen,

wo es sich um die Orientirung des Gesammtkörpers zur Bo
handelt, bei aufrechter Stellung die unteren Extremitäten, bei
neigter oder hängender Lage des Körpers die Tastfläche des Rur
Seite treten. Da nun jedes der genannten Orientirungsorgane w
verschiedenen, gegen einander beweglichen Theilen besteht, so i
weilige Lagevorstellung des Orientirungsorgans und dem zufolge auc
sammtkörpers eine Resultante aus mehreren zum Theil unabhängig
Wahrnehmungscomponenten. Dies zeigt sich besonders deutlich an
stellungen von der Lage des Kopfes, welche theils von den die
der Wirbelsäule theils von den die Augenbewegungen begleiter
pfindungen abhängen. Die dominirende Rolle unter diesen Emp
spielen wieder wegen der unmittelbaren Beziehung des Organs z
anschauung die Augenbewegungen. Selbst bei geschlossen
orientiren wir uns im äußeren Raum vorzugsweise nach der Ste
Augen. Dies beweisen deutlich die statischen Täuschungen, die
bleibenden Drehung des Kopfes um seine verticale, horizontale o
tale (von vorn nach hinten gerichtete) Axe eintreten. In all
Fällen betheiligen sich die Augen derart an der Drehung, dass,
der ganze Kopf sich bewegt, die Augenmuskeln im selben Sinn
und so eine Drehung der Augen über die beabsichtigte Stellur
hervorbringen, wobei, wie DELAGE[1]) fand, die Augen durchschn
15° weiter im Sinne der Drehung von der Ausgangsstellung a
als der Kopf. Diese zusammengesetzte Bewegung wirkt nun
auf die Lagebestimmung des Körpers ein, dass entweder der äuß
in gleicher Größe aber entgegengesetztem Sinne wie die Augen,
eigene Körper um ebensoviel in gleichem Sinne von der dem K
benen Stellung abzuweichen scheinen. In beiden Fällen werde
Kopf- und Augenbewegungen nicht unterschieden, sondern, da
einziger Empfindungscomplex entspricht, als ein einziger Bewegun
gefasst. Im ersten Falle wird aber der Differenzbetrag der beide
nenten, die überschüssige Augenbewegung, auf den äußeren
zweiten Fall wird er auf den Gesammtkörper bezogen. Aender
sammtkörper seine Stellung zur Fußbodenebene. so scheinen
hauptsächlich die Tast- und Gelenkempfindungen des Fußes und
für die Orientirung im Raume maßgebend zu sein. Wird z. B
schlossenen Augen der Körper auf einer mit einem Fußbrett v
Rückenunterlage in der Medianebene nach hinten geneigt, so w
allgemeinen kleine Abweichungen von der verticalen Richtu

1) AUBERT, Physiolog. Studien über die Orientirung (unter Zugrunde
H. DELAGE). Tübingen 1888, S. 17 ff.

chätzt, größere über 60° dagegen überschätzt; und sobald die Fuß- ihre Unterstützung auf dem Boden verloren hat, wird die Auffassung örperlage völlig unsicher[1]). Diese Erscheinungen erklären sich wohl s, dass nicht bei wirklich verticaler, sondern bei schwach nach rück- geneigter Stellung der Druck auf die Fußsohlen am stärksten ist, ass er dagegen schon lange vor erreichter horizontaler Lage ver- ıdend klein wird, während der Druck auf die Rückenfläche des fes schon sein Maximum erreicht hat.

ı allen diesen Fällen, wo die Orientirung im Raume hauptsächlich Gelenk- und Tastempfindungen zu Stande kommt, ist es für die- bedeutungslos, ob bestimmte Lageänderungen passiv oder durch Muskelwirkungen entstanden sind. Im letzteren Fall verbindet sich emäß dem früher (I S. 422 ff.) über die Componenten der Lageempfin- Bemerkten in Folge der Contractionsempfindung der Muskeln und ı dieselben gebundenen Bewusstseins der Willensthätigkeit mit der llung der Lage die weitere einer zur Erhaltung dieser Lage auf- ıdten eigenen Anstrengung.

ie Vorstellung einer Bewegung des Körpers oder einzelner ertheile kann ebenfalls entweder das Resultat einer ausschließlich äußere Kräfte verursachten Ortsveränderung sein oder durch die active engung einzelner Körpertheile entstehen, wie beim Gehen, Laufen, rn, Schwimmen u. s. w. Die wichtige Rolle, die bei beiden Arten orstellung dem Gesichtssinn zukommt, kann erst später berücksichtigt n[2]). Hier haben wir zu untersuchen, in welcher Weise die Elemente 'ast- und Bewegungsvorstellung für sich allein zureichen, um die gung des Gesammtkörpers zum Bewusstsein zu bringen. Zu diesem wird es genügen, wenn wir die Entstehung der passiven Be- ıgsvorstellung erörtern, da die active sich lediglich wieder aus der llung einer Lageänderung und aus dem daran geknüpften Be- sein einer Willenshandlung nebst den begleitenden Muskelempfin- n zusammensetzt. Dabei ist übrigens die active Bewegungsvorstellung an einzelne Körpertheile gebunden, während sich die passive sowohl nen einzelnen Theil wie auf den Gesammtkörper beziehen kann.

Jnter der Bedingung der Ausschließung des Gesichtssinnes bemerken un, abgesehen von sehr kurz dauernden Bewegungen, die passive

Delage-Aubert a. a. O. S. 45 ff. Bei einer Neigung von 5° glaubte in Delage's hen die Versuchsperson noch vertical zu stehen; bei 60° verschwand der Orien- fehler, um dann im entgegengesetzten Sinne so anzuwachsen, dass bei einer g von 120° die Drehung = 180° erschien, so als wenn der Kopf vertical nach gerichtet wäre.

Vgl. Cap. XIII.

Bewegung unseres Körpers in allen den Fällen gar nicht, in v
Translocation mit gleichförmiger Geschwindigkeit geschieht.
wenn die letztere von mäßiger Größe ist, kann uns sowohl ei
Drehung um die Körperaxe wie eine Progressivbewegung bei ge
Auge oder in einem abgeschlossenen Raume, dessen Bewegung
machen, völlig entgehen. Dagegen kommt uns jede Gesch
änderung deutlich zum Bewusstsein, sobald sie eine gewisse Gr
die bei der Drehbewegung erheblich niedriger liegt, als b
schreitenden[1]. Die durch eine Geschwindigkeitsänderung
Vorstellung der Bewegung hört aber nicht sofort auf, wenn d
Bewegung gleichförmig geworden oder zum Stillstand gekomm
dern es bedarf einer gewissen Zeit, bevor die einmal erweckte
einer Bewegung wieder verschwindet. Diese Nachwirkung best
in einer Verlangsamung der Bewegung in ihrer ursprünglich
und dann in einer daran sich anschließenden rückläufigen Be
sich ebenfalls allmählich verlangsamt und so in die Vorstellun
übergeht. Aehnliche Nachwirkungen treten auch bei gleichfö
gressiv- oder Drehbewegungen ein, während deren die Vor
Ruhe besteht, namentlich wenn solche Bewegungen plötzlich u
werden. Im Moment des Stillstands hat man dann die Vors
Körper bewege sich mit allmählich abnehmender Geschwindigk
der vorangegangenen wirklichen Bewegung entgegengesetzte
oder der äußere Raum befinde sich in einer dieser Scheinbe
eigenen Körpers entgegengesetzten allmählich abnehmenden
Bringt man während oder nach der Drehung den Kopf in
Lage, so behält die Axe der Rotation ihre Lage im Kop
Drehung des Körpers und der äußern tastbaren Gegenstände
daher, obgleich die Stellung der übrigen Körpertheile unve
blieben ist[2].

Diese Erscheinung ist bei der Drehbewegung zugleich m
Kopfe localisirten Empfindung verbunden, in Folge deren m
stellung hat, der Kopf werde im Sinne der Scheindrehung
gewaltsam gedreht, und mit dieser Empfindung können sic
Uebelsein und Ohnmachtsanwandlungen verbinden. Diese
Wirkungen sind bei den als Nachwirkungen progressiver Be
tretenden Scheinbewegungen ungleich geringer oder sie fehl

1) E. Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen.
S. 25 ff. Delage-Aubert a. a. O. S. 90 ff. Nach Delage wird eine progres
nigung wahrnehmbar, wenn sie 30—40 oder im Minimum 23 cm in 1 s
eben merkliche Beschleunigung bei der Drehbewegung schätzt er auf ⅓

2) Mach a. a. O. S. 40 ff. Delage a. a. O. S. 73.

e Bewegungstäuschung zwar in beiden Fällen, das Schwin-
ühl aber, das in eben jenen subjectiven Symptomen besteht, vor-
ise als Nachwirkung der Drehbewegung auftritt.
e näheren Bedingungen dieser Störungen beweisen, dass auch hier
der Kopf derjenige Körpertheil ist, welcher für die passiven Be-
gen des Gesammtkörpers das vorzugsweise orientirende Organ ist.
eänderungen unseres Körpers sowie die Beschleunigungen desselben
len wir vorzugsweise im Kopfe und meistens erst in secundärer Weise,
e specieller Stoß- oder Druckwirkungen, an andern Körpertheilen.
ber die Einrichtungen, welche diese Gleichgewichts- und Bewegungs-
lungen des Kopfes vermitteln, besitzen wir noch keine zureichende
eit. Wie bei allen Organen, so sind auch hier die Haut-, Gelenk-
uskelempfindungen, namentlich aber die Bewegungsempfindungen
gen von einem gewissen Einfluss. Aus den Augenbewegungen
sich insbesondere diejenigen Erscheinungen des Drehschwindels,
in Scheinbewegungen des umgebenden Raumes äußern, wie wir
speciellen Betrachtung der Augenbewegungen und ihres Einflusses
räumlichen Wahrnehmungen sehen werden [1]). Aber theils reichen
ewegungen nicht aus, um alle auf den eigenen Körper oder den
Raum bezogenen Bewegungstäuschungen zu erklären, theils
n die Bewegungsstörungen, die durch den experimentellen Eingriff
Functionen anderer im Kopfe gelegener Organe hervorgebracht
, zu beweisen, dass dieser Körpertheil mit einem besonderen
versehen ist, welches bei der Auffassung der Stellungen und Be-
gen des Kopfes eine besondere Rolle spielt, und durch welches
vorzugsweise seine Bedeutung als Orientirungsmittel für den Ge-
körper gewinnt. Dieses Organ ist das Bogenlabyrinth, der-
Theil des Ohrlabyrinths, der aus den Ampullen mit dem zuge-
Theile des Vorhofs (utriculus) und den Bogengängen besteht.
g. 86. I S. 295 und Fig. 100 I S. 308.) Bei der Zerstörung einzelner
dieses Bogenlabyrinths entstehen, wie zuerst Flourens fand, hoch-
Störungen der Bewegung. Bei umfangreicheren Zerstörungen
die Bewegungen taumelnd und unsicher; statt gerade nach vorn
en, drehen sich die Thiere nach der der Verletzung entgegenge-
Seite. Begrenztere Erscheinungen treten ein, wenn ein einzelner
ang getrennt wird: es erfolgt dann die Bewegung nicht nur, wie
in einer der Seite der Verletzung gegenüberliegenden Richtung,
auch vorwiegend in der Ebene des verletzten Canals. Wird der
tale oder äußere Bogengang (B_1 Fig. 100) getrennt, so pendelt der

[1]) Vgl. unten Cap. XIII, 4.

Kopf in der Horizontalebene; ebenso erfolgen bei Verletzung de
senkrecht zur Medianebene (B_3) und des hinteren, parallel d
ebene gelegenen verticalen Bogenganges (B_2) jedesmal Pendelb
in der Richtung des verletzten Ganges und nach der Seite der
während man zugleich oscillirende Bewegungen der Augen b
Wird das Bogenlabyrinth auf der einen Seite ganz entfernt, so
manchen Thieren sogleich, bei andern, namentlich Vögeln, allmäh
Kopfverdrehungen nach der labyrinthlosen Seite ein. Wurd
beiderseits die Bogenlabyrinthe entfernt, so bleiben solche Ab
von der Normalstellung aus, aber die Bewegungen werden un
die Thiere scheinen die Fähigkeit des Drehschwindels verloren
Ganz diesen Ausfallserscheinungen entsprechen die bei elektris
mischer oder mechanischer Erregung einzelner Labyrinththeile
ten Reizungserscheinungen, nur dass dabei die Kopfverdrehu
der Seite der Reizung zu erfolgen pflegen[2]). Diese Thatsache
für die zuerst von GOLTZ[3]) geäußerte Vermuthung zu sprechen
Bogengänge Sinnesapparate für die Wahrnehmung der Stell
Bewegungen des Kopfes seien, wie denn auch die Stellungen
gänge, deren Ebenen bei den höheren Wirbelthieren den drei
Kopf gelegten Hauptebenen annähernd parallel sind, durch dies
eine gewisse Bedeutung gewinnen[4]).

Gleichwohl deuten die meisten Erscheinungen, die bei Re
Verletzung des Bogenlabyrinths eintreten, mehr auf reflectorisch
als auf den Einfluss bewusster Empfindungen hin. Insbes
dauernden Augen- und Kopfverdrehungen scheinen zu bewe
normalerweise von dem Labyrinth eine continuirliche Reflexerr
geht, durch welche die beständige, das Gleichgewicht des K
seiner Theile bedingende motorische Innervation ausgelöst wird.
fallserscheinungen bei Exstirpation einzelner Labyrinththeile we
auf eine partielle Aufhebung dieser dauernden Reflexwirkung,
symptome auf eine partielle Verstärkung derselben zurückzufü

1) FLOURENS, Recherches expér. sur les fonctions du système nerv
p. 446. BREUER, Wiener med. Jahrbücher, 1874, S. 72, 1875, S. 87. HÖGY
Archiv, XXVI, S. 558. BECHTEREW, ebend. XXX, S. 312. CYON, Recher
fonctions des canaux sémicirculaires. Thèse. Paris 1878.

2) BREUER, PFLÜGER's Archiv, XLIV, S. 135 ff. und R. EWALD, Untersuc
das Endorgan des nervus octavus. Wiesbaden 1892, S. 227 ff.

3) GOLTZ, PFLÜGER's Archiv, III, S. 172 ff.

4) Doch ist dieses Verhältniss kein völlig constantes. Bei den nieder
thieren namentlich hat sich noch nicht die Dreizahl der Bogengänge aus
tiven Gehörbläschen entwickelt: die Myxinoiden besitzen nur einen, d
zonten zwei. Natürlich ist das aber kein Argument gegen die hier
Beziehung, da mit der höheren Organisation auch in diesem Fall die S
Functionen sich complicirter gestalten müssen.

gens schließt diese Function des Bogenlabyrinths als Reflexorgan swegs aus, dass dasselbe auch Empfindungen vermittelt, welche ıtliche Componenten der Vorstellung des Körpergleichgewichts sein en, wenn sie auch, wie alle in inneren Organen entstehende Emungen, nur sehr unvollkommen localisirt werden. Hierfür dürfte auch Thatsache sprechen, dass selbst bei umfangreichen Labyrinthzerngen nach längerer Zeit eine Ausgleichung der Störungen einzu- pflegt, wahrscheinlich indem nun die Bewegungen und Gleichgesstellungen durch die Haut- und Gelenkempfindungen allein regulirt en, was freilich, wie die fortdauernde Unsicherheit der Bewegungen immer nur unvollkommen geschehen kann. Diesen theilweise unter Einflusse stellvertretender Regulirung stehenden Bewegungen von en, die seit längerer Zeit des Bogenlabyrinths entbehren, gleichen ändig die Bewegungen vieler Taubstummer, bei denen muthmaßlich lem Gehör auch das Bogenlabyrinth verödet ist. Bei ihnen wird die ıtirung im Raume namentlich bei Ausschluss der Augen völlig unr, und anderseits scheinen solche labyrinthlose Taubstumme dem schwindel nicht ausgesetzt zu sein [1]). Ob hiernach das Bogenlabyrinth in selbständiges Sinnesorgan oder als eine innere Provinz des allgeen Tastorgans anzusehen sei, lässt sich mit voller Sicherheit nicht heiden. Doch hat offenbar die letztere Annahme die weitaus größere rscheinlichkeit für sich, wie theils die genetischen Beziehungen des r- und Otolithenorgans der niederen Thiere, theils aber die normalen ıgungen der Erregung in diesem Organ darthun. Als den in der stellung des Kopfes wirksamen Reiz wird man nämlich wahrscheinden Druck der Endolymphe auf die mit haarförmigen Fortsätzen verne nervenreiche Membran des häutigen Labyrinths anzusehen haben, end die bei Bewegungen des Kopfes oder Gesammtkörpers entstehen- Strömungen der Endolymphe je nach der Richtung der Bewegung verschieden verhalten und auf diese Weise mehr oder weniger örtbeschränkte Erregungen hervorbringen müssen. In der That hat D gezeigt, dass künstlich erzeugte Strömungen der Endolymphe ähnlich Reizungen des Bogenlabyrinths wirken, und dass bei einer Umkehrung so hervorgerufenen Strömung auch die Reizsymptome sich entsprechend ıdern [2]).

Aus den bei dem Schwindel eintretenden Gleichgewichtsstörungen und gungstäuschungen schloss schon Purkinje, dass diese Erscheinungen in irkungen auf ein im Kopfe gelegenen Organ ihren Grund hätten. Als

) W. James, Americ. journal of otology, IV, 1882. Kreidl, Pflüger's Archiv LI, ff.

) Ewald a. a. O. S. 212 ff.

dieses Organ betrachtete er das Gehirn[1]. Nachdem dann FLOURE hatte, dass Bewegungsstörungen ähnlicher Art bei Thieren durch Verl Bogenlabyrinths hervorgerufen werden können, war man meist gen weder mit FLOURENS diese Störungen aus der Entstehung subjectiver abzuleiten[2], oder die Vermuthung PURKINJE's specialisirend an eine indirect gesetzte Functionsstörung des Kleinhirns zu denken[3]. In Sinne leitete auch HITZIG[4] die Schwindelerscheinungen, die bei der e Durchströmung des Hinterhaupts eintreten, aus der Wirkung auf das ab. Unter diesen Hypothesen kann angesichts der neueren Unte nur noch die zweite und auch sie nur für gewisse Fälle und für e der Erscheinungen in Betracht kommen. Nachdem nämlich B. LANG hat, dass sowohl nach Zerstörungen des Kleinhirns die Labyrinth wie umgekehrt nach Herausnahme beider Labyrinthe die Kleinhir experimentell hervorgerufen werden können, und nachdem es B EWALD gelungen ist, beschränkte Reizungen und Exstirpationen a labyrinth auszuführen, bei denen an gleichzeitige Kleinhirnverletzu mehr gedacht werden kann, darf wohl die Auffassung, dass das Boge selbst zur Bildung der Vorstellungen vom Gleichgewicht und der des Körpers in directer Beziehung stehe, als bewiesen gelten. In ist hier die von BREUER angewandte locale mechanische Reizung einze und die von EWALD ausgeführte Plombirung einzelner Bogen mit nachfolgende Exstirpation derselben von entscheidender Bedeutung. ist es, in welcher Weise dieses Organ seine Wirkungen ausübt. G zuerst das Bogenlabyrinth als ein inneres Sinnesorgan deutete, nahm jede Ablenkung des Kopfes aus seiner Normalstellung von einer Zu Drucks der Endolymphe in der entsprechenden Richtung begleitet sei wies MACH darauf hin, dass bei der Bewegung eines derartigen Ca nothwendig vielmehr zunächst eine entgegengesetzt gerichtete Beweg ihm enthaltenen Flüssigkeit entstehen müsse, indem diese hinter der der sie umschließenden Wände zurückbleibt, worauf dann beim St Flüssigkeit allmählich in eine der vorangegangenen Bewegung der Can Richtung übergehen muss. Es liegt nahe, mit EWALD anzunehmen, Bewegung auf die Haare der Ampullen und Bogengänge einwirke u Reizung der nervenreichen Labyrinthhaut vermittele. Die Beobachtun dass künstlich erzeugte Strömungen der Endolymphe je nach ihre entgegengesetzte Kopfbewegungen hervorrufen, scheint diese Hypothe



1) PURKINJE, Med. Jahrbücher des österr. Staates 1820, VI, S. 79 ff. M der schles. Gesellschaft 1825 u. 26. (Letztere Mittheilungen abgedruckt bei Au S. 116.)

2) So noch in neuerer Zeit VULPIAN (Leçons sur la physiologie du systèn Paris 1866, p. 600), A. TOMASCEWICZ (Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrint Zürich 1877) und in etwas modificirter Weise LABORDE (Bulletin de la sociét pologie, Décembre 1881).

3) So BÖTTICHER, Archiv f. Ohrenheilkunde, IX, S. 1. BAGINSKY, Archiv 1881, S. 201, u. 1885, S. 253.

4) HITZIG, Das Gehirn, S. 196 ff. Aehnlich, nur mit Einbeziehung d des Stromes auf Kleinhirnschenkel und Medulla oblongata erklärt K. SCHAEF Archiv, XLI, S. 566 ff.) diese Erscheinung, indem er alle Bewegungsstörunge pherisch oder central bedingte Störungen des Muskelsinns zurückführt.

5) PFLÜGER's Archiv, L, S. 615 ff.

zu bestätigen[1]). Abgesehen von den bei der Bewegung eintretenden
ngen durch den rückläufigen Strom der Endolymphe muss aber auch
eständige Erregung aller Theile des Bogenlabyrinths angenommen werden,
hierdurch die nach partiellen Zerstörungen eintretenden Gleichgewichts-
gen sich erklären. Zugleich machen diese letzteren die Annahme Delage's,
las Bogenlabyrinth nur an der Vorstellung der Drehbewegung, nicht an
gen der Progressivbewegung betheiligt sei[2]), wenig wahrscheinlich; ebenso
ie Ansicht Mach's, die Bogengänge seien das die Wahrnehmung der
g, der Vorhof das die Wahrnehmung der Progressivbeschleunigung ver-
de Organ, in den der Verletzung der einzelnen Bogengänge folgenden
inungen durchaus keine Stütze findet. Vielmehr machen es diese wahr-
ich, dass die Vorhofsabtheilung der Ampullen und die Bogengänge ein
sam functionirendes Organ bilden, wobei aber die Bogengänge durch
chtungsunterschiede vorzugsweise für die Orientirungsempfindungen maß-
sind. Anderseits ist es freilich ebenso unzweifelhaft, dass neben den
ngen dieses Organs noch eine Menge anderer Empfindungen die Gleich-
ts- und Bewegungsvorstellungen des Körpers beeinflussen, und dass neben
Empfindungseindrücken jene centralen Regulirungen wirksam sind, welche,
s scheint, vorzugsweise im Kleinhirn ihren Sitz haben. So werden
auch die Erscheinungen des Drehschwindels sowie des elektrischen
dels im allgemeinen unter Mitbetheiligung des Kleinhirns zu Stande
n, da die hierbei stattfindenden Einwirkungen nothwendig Erregungs-
zen der verschiedenen Theile, namentlich der Seitenhälften dieses Organs
ühren, die analoge Wirkungen wie die experimentelle Reizung der
n Theile nach sich ziehen müssen (I S. 205 ff.). Hieraus erklärt sich auch,
llmählich die Ausfallssymptome nach Zerstörungen des Labyrinths sich
vollständig wieder ausgleichen können. Auffallender ist es, dass es
mgekehrt einer gewissen Zeit zu bedürfen pflegt, bis diese Symptome
usbilden. Die Deutung Ewald's, dass dies in einer noch längere Zeit
ernden Entzündungsreizung der getrennten Nervenenden seine Ursache
ist nicht unwahrscheinlich.

uch innerhalb der allgemeinen Voraussetzung, dass das Bogenlabyrinth
nächst dem Tastsinn zugeordnetes Sinnesorgan sei, sind übrigens noch
iedene Annahmen über dessen Functionsweise möglich. Namentlich kann
iese entweder in den Empfindungen sehen, die dasselbe hervorbringt,
e bei der Vorstellung des Gleichgewichts und der Bewegung des Kopfes
lich mitwirken, oder man kann sie in die Auslösung reflectorischer
ngen verlegen, durch welche ohne die Betheiligung unsres Vorstellens
die Muskeln das Gleichgewicht des Körpers erhalten bleibt. Im letzteren
hat namentlich Ewald die Ergebnisse seiner Versuche gedeutet, und
besonders auch auf die häufig nach Labyrinthzerstörungen zu beobach-
Muskelatrophien Werth gelegt. Zugleich soll das Labyrinth mit der
nten Körpermuskulatur in Beziehung stehen. Indem daher Ewald das

[1]) Ewald a. a. O. S. 301 vermuthet, dass die Haare des Bogenlabyrinths an und
in Flimmerbewegungen begriffen seien, doch sind solche nicht nachgewiesen,
beständige Wirkung, welche das Labyrinth auf die Kopf- und Körperhaltung
, lässt sich wohl auch aus dem beständigen Druck der Endolymphe gegen die
liche Labyrinthwand erklären.

[2]) a. a. O. S. 92 ff.

hinaus geschärft werden kann, welche, da sie für die verschied
des Tastorgans variabel ist, in Bedingungen der physischen
ihre Ursache haben muss. Aber es ist ein übereilter Schluss
Nativismus, weil jene Bedingungen angeborene sind, nun auc
liche Tastvorstellung selbst für ursprünglich ansieht. Dem
hinwiederum kann nicht widersprochen werden, wenn er de
einen maßgebenden Einfluss zuschreibt. Aber damit ist nic
dass die Tastvorstellung selbst aus der Erfahrung entspringt.
fahrung und Uebung können erst ihre Hebel ansetzen, wenn
liche Vorstellung schon gegeben ist. Will man endlich zwis
Ansichten so vermitteln, dass man zwar eine bestimmte Loc
ursprünglich gegeben hält, dann aber der Erfahrung einen v
Einfluss zugesteht, so ist der Fehler des Nativismus, mit de
auch ihre Folgeerscheinung gesetzt zu haben, nicht vermieden
außerdem der neue Fehler begangen, dass man eine fest gege
vorstellung annimmt und dieselbe doch für bestimmbar durch
einflüsse ansieht. Nimmt man aber seine Zuflucht zu einer
stimmten Localisation, die ihre Beziehung auf den wirkliche
von der Erfahrung erwartet, so steht dies im Widerspruch
griff der Localisation als der Beziehung auf einen bestimm
Raume. Hierdurch werden wir von selbst auf den entscheid
hingeführt, welchen Nativismus und Empirismus beide ver
Theorie der Tastvorstellungen hat zu erklären, wie aus de
Organisationsbedingungen die räumliche Ordnung der Taste
nach physiologischen und psychologischen Gesetzen entsteh
letzteren aber auf Processe associativer Verschmelzung zurüc
sind wir damit zu der zweiten Form der genetischen Theori
schmelzungstheorie gelangt. Durch diese werden einerseits
der Structur in ihr Recht eingesetzt und wird anderseits ein
gegeben, auf welcher Erfahrung und Uebung weiter bauen k

Alle Beobachtungen weisen uns nun auf die Bewegung
die Tastwahrnehmung neben den Empfindungen der Haut nä
lichen Factor hin. Schon die Sprache begreift unter dem A
Tastens zugleich die Bewegung der empfindenden Theile. N
weglichkeit der letzteren richtet sich durchweg die Feinheit
tion. Fehler derselben werden mittelst tastender Bewegunge
Entfernungen, die das ruhende Tastorgan nicht erkennt, werd
bewegten deutlich aufgefasst; bei der Uebung endlich kom
wegungen eine wichtige Rolle zu. Als Zeugniss für die selbs
wicklung des Tastorgans mittelst seiner Bewegungen ist e
wichtig, dass die Wahrnehmung der tastenden oder betasteten

das Gesicht auf die Feinheit der Unterscheidung keinen merkbaren
s übt, denn an Hautstellen, welche gesehen werden können, sind
npfindungskreise im allgemeinen nicht kleiner als an denjenigen,
dem Auge verborgen sind[1]).
ren Einfluss auf die Tastvorstellungen können die Bewegungen nur
der an sie geknüpften Empfindungen ausüben[2]). Mit den eigent-
Tastempfindungen können aber die Bewegungsempfindungen in
ner Weise combinirt sein. Erstens werden sich, indem wir unser
an an den Gegenständen hinbewegen und so succesiv von einander
te Punkte berühren, mit einer und derselben Tastempfindung Be-
sempfindungen verschiedenen Grades verbinden. Zweitens können
nser eigenes Tastorgan betasten, wo Bewegungs- und Tastempfin-
verschiedenen Teilen angehören; und drittens entstehen beide Em-
ngen im Vereine, wenn wir einfach unsere Glieder bewegen, in
der von den letzteren auf einander ausgeübten Dehnungen und
ngen. Es lässt sich vermuthen, dass diese dritte Verbindung, welche
elbar der Vorstellung unserer eigenen Bewegung zu Grunde liegt,
ür die erste Ausbildung der äußeren Tastvorstellungen vorzugsweise
deutung sein wird. Denn aus ihr geht jedenfalls die ursprünglichste
che Auffassung hervor, die Unterscheidung unserer Körper-
in Bezug auf ihre Lage im Raume. Je größer die Beweg-
der Theile gegen einander ist, um so schärfer werden dieselben
nander gesondert werden können, und zugleich ist hiermit für die
ängige Abhängigkeit der Feinheit räumlicher Unterscheidung von der
lichkeit der Organe die erste Bedingung gegeben.
e Unterschiede der Tastempfindung, an welchen die einzelnen tasten-
örpertheile erkannt werden können, sind zweifellos qualitativer
Venn wir unsern Arm bewegen, so ist, auch bei gleicher Bewegungs-
ngung, die Empfindung eine qualitativ andere, als wenn wir unsern
der unsern Kopf bewegen. Wir sind allerdings nicht im Stande,
ie hier vorliegenden Differenzen uns bestimmte Rechenschaft zu geben,
selben mit den anderen an der Localisation betheiligten Empfindun-
ntrennbar verschmelzen und uns daher isolirt niemals gegeben sind.
wenn die Tastempfindung der einzelnen Theile nicht gewisse Unter-
e darböte, so wäre nicht abzusehen, wie wir zu jener Unterschei-
gelangen sollten. Auch spricht die Erfahrung, dass bei aufgehobener
ilität der Haut die Vorstellung von der Lage unserer Glieder im
erheblich beeinträchtigt ist, für diesen Einfluss (I, S. 427). Wir
n also darauf geführt, eine locale Färbung der Tastempfindungen

E. H. Weber, Annotat. anat. p. 75.   2) Vgl. I, S. 420.

vorauszusetzen, welche sich über die ganze Hautoberfläche stet
und welche in ihrer Verschiedenheit das Motiv zur ersten Un
der tastenden Glieder mit sich führt. Die einer jeden Hauts
mende locale Färbung nennen wir, einen von LOTZE[1] in a
Sinne eingeführten Ausdruck benützend, das Localzeichen de
nehmen an, dass jeder Hautstelle ein bestimmtes Localzeich
welches in einer vom Ort des Eindrucks abhängigen Qualität der
besteht, die zu der durch die wechselnde Beschaffenheit des äuße
bedingten Qualität und Intensität der Empfindung hinzutritt.
des Localzeichens ändert sich stetig von einem Punkt der H
zum andern, so aber, dass wir erst in gewissen größeren A
Verschiedenheit auffassen können. Mit der Stärke des äuße
nimmt bis zu einer gewissen Grenze die Deutlichkeit des Loca
da wir sehr schwache Eindrücke unvollkommener localisiren al
etwas größerer Stärke. Die Localzeichen werden zunächst
empfindungen der Hautoberfläche gebunden sein; doch mögen
unter der Haut gelegenen von sensibeln Nerven versorgten
namentlich die Muskeln und Gelenke, an denselben beth
genauesten sind sie jedenfalls an den mit besonderen Tastap
sehenen Stellen: namentlich sind an die Druckpunkte sel
Unterschiede der Empfindung geknüpft, dass bei punktförmig
selbst zwei benachbarte Druckpunkte räumlich geschieden we
Die Geschwindigkeit, mit welcher sich diese Zeichen an den v
Stellen des Körpers ändern, ist hiernach eine sehr wechselnd
der Empfindungskreise gibt hierfür einen gewissen Maßstab.
meist längsovalen Gestalt dieser Bezirke werden sich in d
Localzeichen in der Längenrichtung der Theile langsamer als i
Richtung verändern, und im übrigen wird zwar die Geschwi
Abstufung außerordentlich variiren, doch wahrscheinlich nicht
Grade, als die gewöhnlichen Unterschiede im Durchmesser
dungskreise erwarten lassen, da diese Unterschiede durch
zum Theil ausgeglichen werden. Schließlich wird vorausz
dass für symmetrische Stellen beider Körperhälften die Local
sehr ähnlich, aber nicht identisch sind. Für ihre Aehnlichk
abgesehen von der Erwägung, dass übereinstimmende Structu
des Tastorgans auch eine übereinstimmende Beschaffenheit
dung mit sich führen müssen, namentlich die Beobachtung
unwillkürliche Mitübung der correspondirenden Theile eine
die andere durch Uebung vervollkommnet wurde (S. 18). Eb



1) Medicinische Psychologie, S. 331.

erselben Seite für Theile von analoger Structur, z. B. für je zwei Finger, eichfalls in einem gewissen Grade Mitübung stattfindet, die Local-n ähnlich sein. Dass aber bei allem dem eine gewisse Verschieden-der letzteren an symmetrischen und verwandten Theilen besteht, ßen wir theils aus der thatsächlichen Unterscheidung, theils aus den enzen der Structur, die bei noch so großer Aehnlichkeit immerhin mmen. Für die Localzeichen der tieferen Theile dürfte hierbei die iche Ausbildung und Uebung der Bewegungen beider Körperhälften tracht kommen. Die aus der eigenen Bewegung entsprungene räum-Unterscheidung muss ferner in Folge der Betastung äußerer Objecte tlich vervollkommnet werden. Hier wirken die Localzeichen und die er Bewegung entstehenden Empfindungen zusammen, um die Raum-ltnisse der Gegenstände festzustellen.

Nach einem allgemeinen Associationsgesetze verschmelzen nun ver-dene Empfindungen, die häufig verbunden gewesen sind, dergestalt mit der, dass in solchen Fällen, wo nur einige derselben unmittelbar äußere oder innere Reize wachgerufen werden, auch die andern Reproduction sich hinzugesellen; nur besitzen diese reproducirten ndtheile im allgemeinen eine geringere Stärke. Diese Regel findet auf unsere Tastorgane ihre Anwendung. Hier verschmelzen die Haut-Bewegungsempfindungen zu untrennbaren Complexen. Indem wir n Arm bewegen wollen, entsteht, noch bevor die Bewegung wirklich führt wird, eine reproducirte Bewegungsempfindung, mit der zugleich lasse Erinnerungsbild der Hautempfindungen, welche die Bewegung iten werden, innig verbunden ist. So kommt es, dass sich unmittel-mit der motorischen Innervation die Vorstellung des bewegten Körper-und eine unbestimmte Vorstellung der Bewegung, welche derselbe hren soll, verbindet. Wir kennen in der That weder Haut- noch gungsempfindungen in ihrem vollkommen isolirten Bestehen. Wo ein mmter Reiz unmittelbar nur die einen oder anderen hervorruft, da en sie dennoch durch Reproduction zu einem Empfindungscomplexe nzt, der die räumliche Anschauung bereits mit sich führt. Bei nor-n Empfindungszustande ist es also niemals möglich, die Elemente r Anschauung isolirt zu beobachten.

Die Localzeichen der Haut bilden ein Continuum von zwei Dimen-n, welches damit die Möglichkeit gewährt, die Vorstellung einer he zu entwickeln. Aber das Continuum der Localzeichen enthält an für sich noch nichts von der Raumvorstellung. Wir nehmen daher lass diese erst durch die Rückbeziehung auf das Continuum der Be-ngsempfindungen entstehe. Diese geben in ihrer von dem Bewegungs-ng abhängigen *intensiven* Abstufung für die beiden Dimensionen

des qualitativen Systems der Localzeichen ein gleichförmiges
vermitteln so die Anschauung einer stetigen Mannigfaltigkeit, d
sionen einander gleichartig sind. Die Form der Fläche, in
Localzeichen geordnet werden, ist zunächst völlig unbestimmt.
selt mit der Form der betasteten Oberfläche. Durch die Bewe
der Gliedmaßen sind aber solche Lageänderungen bevorzugt,
sich das Tastorgan geradlinig den Gegenständen entgegen o
hinbewegt. Indem so die Gerade zum bestimmenden Eleme
raumes wird, erhält der letztere die Form eines ebenen
welchem die in ihrer Krümmung wechselnden Flächen, di
Betastung wahrnehmen, auf drei geradlinige Dimensionen z
werden können.

Diese eigenthümliche Verbindung einerseits durch äußere
seits durch centrale Innervation der Bewegungsorgane entst
pfindungen wollen wir als extensive Verschmelzung
Der Ausdruck Verschmelzung weist zunächst auf die Innigk
bindung der Elemente, sodann aber auch darauf hin, dass da
Product neue Eigenschaften besitzt, die in seinen Bestand
nicht vorhanden waren. Analog wie bei dem Zusammenschm
Metalle ein Körper mit neuen Eigenschaften entsteht: so lief
extensive Verschmelzung als neues Product die räumliche
in sie eingehenden Empfindungen. Diejenigen Bestandtheile
dungen, aus denen diese Ordnung entspringt, lassen dahe
eine psychologische Analyse sich nachweisen. Die letztere k
die Elemente der räumlichen Vorstellung, da dieselben, wie o
nie isolirt vorkommen, nur aus den Veränderungen zurückschli
die Vorstellungen, deren Bestandtheile sie bilden, unter v
Bedingungen erfahren.

Indem die psychologische Analyse die genannten Elemente a
sie damit zugleich auf bestimmte physiologische Bedingungen
Verschmelzungsprocess vorausgehen. Es muss nämlich 1) den
pfindungen die Eigenschaft zukommen, bei der Transformation des
in ein gleichartiges Continuum zur Abmessung dienen zu können;
2) das Tastorgan für die Ausbildung und Abstufung der Localze
forderlichen Anlagen der Structur besitzen; und endlich wird 3)
logischen Vorbedingungen zu suchen sein, welche den Act der
selbst vermitteln helfen. Der ersten dieser Forderungen kommen di
empfindungen durch ihre an den wechselnden Umfang der Beweg
denen Intensitätsunterschiede nach. Durch diese bilden die Bew
dungen eines jeden, selbständig in einem Gelenk beweglichen Kör
fein abgestufte Intensitätsreihe bei im wesentlichen qualitativ gle
schaffenheit der Empfindung. Zweifelhafter kann man darüber sein



ümlichkeiten des Tastorgans die Localzeichen zu erklären sind. So Structurverschiedenheiten der nicht-nervösen Hautbestandtheile und der nen Gewebe möglicherweise eine locale Färbung der Empfindungen ingen. Aber von größerem Gewicht scheinen doch die Verhältnisse der vertheilung selbst zu sein. Es wurde schon hervorgehoben, dass die localisirenden Theile reicher an Nerven und an besonderen Tastapparaten Nun ist es nicht wahrscheinlich, dass etwa an jede Nervenfaser an und h schon ein Localzeichen gebunden sei, da dies auf die Vorstellung einer chen Verschiedenheit zurückführen würde. Dagegen ist es wohl denk-ass eine Hautstelle, in der zahlreichere Fibrillen sich verzweigen, eben eine qualitativ etwas andere Empfindung vermittelt, als eine solche, in r wenige sich ausbreiten; an den Endigungen der Nerven in besonderen araten werden möglicherweise schon bei unmittelbarer Nachbarschaft der n solche Unterschiede sich ausprägen können. Folgt man dieser Vor-, so wird im allgemeinen die Feinheit der Localisation nicht sowohl r absoluten Zahl der Nervenfasern, als vielmehr von der Geschwindig-hängen, mit der sich von einer Stelle zur andern die Zahl der Fibrillen Diese Aenderung geschieht aber an den nervenreichsten Theilen nellsten. Einen Empfindungskreis werden wir nun einen solchen Haut-nennen, in welchem die Nervenausbreitung so gleichförmig ist, dass, lich solange die Eindrücke nicht als punktförmige mit distincten Tast-en in Berührung kommen, locale Empfindungsunterschiede von merklicher nicht entstehen können. In der That bestätigt dies die Erfahrung, inso-n allen Hautstellen, die sich durch genaue Localisation auszeichnen, B. an den Fingerspitzen, auch die Feinheitsunterschiede nahe bei ein-gelegener Stellen am größten sind. Ferner lässt sich hierher die Beob-beziehen, dass, wenn man zwei Eindrücke auf die Grenze zweier llen von sehr abweichender Unterscheidungsschärfe einwirken lässt, z. B. en auf die äußere, den andern auf die innere Oberfläche der Lippe, ie Entfernung deutlicher wahrgenommen wird, als wenn beide Eindrücke cher Distanz auf eine und dieselbe Stelle, selbst wenn es die empfind-ist, einwirken[1]. Jene Interferenz der Empfindungskreise, welche die 4 (S. 14) für die horizontale Richtung veranschaulicht, erklärt sich leicht eser Vorstellung. An jedem Punkt der Haut muss ja ein neuer Empfin-reis beginnen, insofern für jeden ein bestimmtes Maß der geänderten vertheilung existirt, innerhalb dessen die Veränderung des Localzeichens lich ist. Zugleich ist deutlich, dass die Grenze der localen Unterschei-keine fest bestimmte sein kann. Denn die Abstufung der Localzeichen, er ihnen zu Grunde liegenden Nervenvertheilung, ist eine stetige, so dass tgesetzter Uebung auch solche Unterschiede noch erkannt werden können, sprünglich der Beobachtung entgehen. Leicht fügen sich dieser Hypo-erner die Beobachtungen über den Einfluss des Wachsthums (S. 15), da die Zahl der auf eine bestimmte Hautfläche kommenden Nervenfibrillen rnd ungeändert bleibt, also die Schnelligkeit in der Abstufung der Nerven-lung sich vermindern muss. Man hat nun allerdings in der besonders Unterscheidungsfähigkeit der von Magnus Blix und Goldscheider entdeckten unkte eine dieser Anschauung sowie der Annahme von Localzeichen

[1] E. H. Weber, Annotat. anat., p. 61.

überhaupt entgegenstehende Schwierigkeit zu finden geglaubt. (
bezieht die beträchtliche Differenz, die zwischen den von ihm
Minimaldistanzen zweier mittelst der Druckpunkte unterschieden
und den WEBER'schen Empfindungskreisen besteht, darauf, dass
letzteren Fall um eine Summation vieler localer Empfindungen
denen sowohl Druckpunkte wie andere Nervenausbreitungen bet
während im ersten bloß die specifischen Druckorgane erregt würd
Interpretation wird man wohl als eine zutreffende betrachten kö
aber der nämliche Beobachter schließt, hierdurch sei die Localz
widerlegt, so kann ich dem nicht beistimmen. Im Sinne der
theorie sagt jener Befund eben nur, dass die Druckpunkte bez. d
lich überall mit ihnen zusammenfallenden speciellen Tastapparate P
localer Färbung der Empfindungen sind, und dies ist wegen des
thums und der sonstigen besonderen Structurverhältnisse dieser
wahrscheinlich. Sieht man dagegen in den Druckpunkten starre
Substrate für die räumliche Auffassung, so wird man mit GOLD
nöthigt, zweierlei Empfindungen zu statuiren, die ganz verschiedenen
unterworfen sind: einmal die der Druckpunkte, die gewissermaßen
schen System gehorchen, und sodann die der dazwischenliegenden
deren Ortsempfindlichkeit nach dem empiristischen System zugesch
dem alle die oben erörterten Einflüsse der Uebung und sonstige
scher Bedingungen aus den veränderlichen Empfindungsbeding
Zwischengebiete abgeleitet werden. Um eine solche Annahme d
facheren, welche die Localzeichentheorie gewährt, vorzuziehen,
erst bewiesen werden, dass die Ortsempfindlichkeit der Druckpunkt
Uebung unterworfen sei. Dieser Beweis lässt sich aber nicht
GOLDSCHEIDER selbst gibt an, dass sich die im Anfang gefundene
stanzen bei den späteren Untersuchungen als zu groß herausste
ist aber genau dasselbe, was man bei der Untersuchung der WEB
pfindungskreise findet und als Einfluss der Uebung deutet.

Die physiologischen Bedingungen, welche der Verschmelzung
der räumlichen Tastvorstellung zusammenwirkenden Empfindung
Haut- und Bewegungsempfindungen zu Grunde liegen, können allei
Natur sein. Denn die Grundlage dieser Verschmelzung ist die Ve
Sinneseindrücken und Bewegungsimpulsen, wie sie nur in bestimm
herden des Nervensystems stattfindet. Als Gebilde, welchen d
speciell für das Tastorgan und die ihm zugeordneten Muskelbeweg
wahrscheinlich zukommt, haben wir früher die Sehhügel ke
complicirte Reflexcentren, von welchen die auf bestimmte Tastein
genden zusammengesetzten Bewegungsreactionen ausgehen[3]). Den pl
Grund für die Association der Bewegungs- und Hautempfindungen
sonach in jenem centralen Mechanismus suchen, der den Empfi
stimmte Bewegungen anpasst, und der wahrscheinlich innerhal
hirnrinde seine besondere Vertretung hat. Die Zergliederung de
Körperbewegungen weist endlich schon auf eine nähere Verbindu

1) GOLDSCHEIDER, Archiv f. Physiologie, 1885, Suppl., S. 95 ff.
2) a. a. O. S. 85.
3) Cap. V, I, S. 197 ff.

metrischen Theile beider Körperhälften, anderseits der functionell einander
neten Regionen, wie z. B. der einzelnen Finger, hin. Hierin möchte
ne physiologische Bedingung jenes Einflusses gegeben sein, welchen ein
geübter Theil auf andere symmetrische oder in functioneller Verbindung
e in der Form der Mitübung äußert.

n den beiden Hypothesen über die Entstehung der sinnlichen
ehmung, die wir oben als die nativistische und die genetische
hieden, ist begreiflicherweise die erste die ursprünglichere, da jede
he Erklärung die psychologische Analyse der Vorstellungsbildung voraus-
Erst die von Locke[1]) begründete empiristische Richtung der Philosophie
Bestreben, die Vorstellungen als Producte einer Entwicklung aufzufassen,
chiedener Geltung gebracht. Die so entstandene empiristische Form der
hen Theorie, die in Berkeley[2]), trotz des idealistischen Grundzugs seiner
ungen, sowie in Condillac[3]) ihre Hauptbegründer hat, wurde aber
ich in Deutschland durch die idealistischen Systeme verdrängt. Insbe-
Kant's Lehre von den Anschauungsformen begünstigte eine nativisti-
chtung in der Sinneslehre. Indem man den Raum als die angeborene
er äußern Sinnesanschauung betrachtete, meinte man auch die einzelnen
hen Vorstellungen aus den gegebenen Einrichtungen der Sinnesorgane
s Nervensystems ableiten zu sollen. So stellte J. Müller den Satz auf,
nkt, in welchem eine Nervenfaser ende, werde im Sensorium als Raum-
n vorgestellt. Wir haben nach ihm eine ursprüngliche Vorstellung unseres
vermöge der Durchdringung desselben mit Nerven; ebenso ist mit den
dungen der Muskeln oder vielleicht auch mit der Innervation be-
r motorischer Nervenfasern unmittelbar eine Vorstellung der bei der
ng zurückgelegten Räume verbunden[4]). Auf denselben Anschauungen
E. H. Weber's Lehre von den Empfindungskreisen. In der ursprüng-
Fassung dieser Lehre ist der Empfindungskreis diejenige Hautstrecke,
von einem Nervenfaden versorgt und daher als eine räumliche Ein-
pfunden wird. Später hat Weber seine Theorie etwas modificirt, um
en verschiedene Einwände sicherzustellen, und dadurch eine Vermittlung
empiristischen Ansicht angebahnt. Er nimmt nun an, die Empfindungs-
seien sehr kleine Hautflächen, so dass zwischen zwei Eindrücken, die
hieden werden sollen, immer mehrere Empfindungskreise gelegen sein
; er ist geneigt, die Vorstellung des zwischen den Eindrücken gelegenen
henraums gerade hierauf zurückzuführen. Außerdem glaubt er jetzt,
e Bestimmung des Ortes, wo ein Eindruck stattfindet, wahrscheinlich
rch Erfahrung geschehe, und dass das Tastorgan durch Uebung in der
hen Unterscheidung vervollkommnet werde, indem sich die Zahl der
dungskreise, die zwischen den Eindrücken gelegen sein müssen, um den
enraum wahrzunehmen, verringern könne. Die auf die Empfindungs-
bezügliche Seite dieser Theorie verbesserte Czermak, indem er den
einander liegenden interferirende Empfindungskreise substituirte, wo-

Essay concerning human understanding, 1709.
Theory of vision, § 54 ff.
Traité des sensations, part. II.
Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns, S. 508.

durch nun dieser Begriff, wie es von uns oben geschehen ist, wie
ursprünglichen Bedeutung, als diejenige Flächengröße, in der räum
Eindrücke zusammenfallen, hergestellt werden kann[1]).

Sobald man, wie es in diesen späteren Umgestaltungen der L
Empfindungskreisen der Fall ist, der Erfahrung einen wesentliche
die Feststellung der räumlichen Beziehungen zugesteht, so ist a
Frage nach den psychologischen Motiven eines solchen Einflusses g
ist nun der Uebergang von der vermittelnden Ansicht, wie sie Wɛʙ
Nachfolger versuchten, zu den Verschmelzungstheorien,
bloß die spätere Vervollkommnung der räumlichen Tastvorstellun
überhaupt ihre Entstehung aus einer psychologischen Entwicklu
suchen, nahe gelegt. Dieser Ansichten lassen sich vier untersc
rein psychologische, die auf alle physiologischen Hülfsmittel
der Raumanschauung verzichten, indem sie dieselbe lediglich au
der Seele oder dem Verlaufe ihrer Vorstellungen herzuleiten suche
andern können wir psychophysische nennen, weil sie zwar
chologische Vorgänge, daneben aber bestimmte physiologische V
in den Sinnesorganen für nothwendig halten.

Erste Ansicht: Die Raumvorstellung beruht auf dem untl
fachen Wesen der Seele, welches die Verschmelzung mehrerer g
gebener Empfindungen in ein intensives Vorstellen verhindert u
sache wird, dass dieselben neben einander geordnet werden.
von Th. Waitz[2]) aufgestellten Theorie muss natürlich die speciell
Ordnung der Eindrücke, die Bestimmung von Lage, Richtung, C
u. s. w. aus psychologischen Vorgängen secundärer Art abgeleitet
soll Product der Erfahrung sein, bei der namentlich Tast- und
zusammenwirken. Damit wird nun aber jene ursprüngliche Ra
welche doch dem Einsetzen der Erfahrung als Grundlage vorange
einem unbestimmten Begriff verflüchtigt, welcher von dem, was
Raum ist, nichts mehr enthält. Endlich zeigt das Beispiel des Ge
wie der gleichzeitig auf disparate Sinne stattfindenden Eindrüc
durchaus nicht alle simultanen Empfindungen von verschiedenem
extensive Form bringen. Die Gebundenheit der letzteren an besti
organe beweist eben, dass specielle physiologische Vorbedingung
forderlich sind.

Zweite Ansicht: Die Raumvorstellung geht aus einer S
Empfindungen hervor, welche dann in die räumliche Form geor
wenn ihre Reihenfolge sich umkehren kann. Diese von Herbar

---

1) Außerdem hat Czermak auch die Idee einer Irradiation des Reiz
geführt und durch dieselbe namentlich die deutlichere Unterscheidbark
Tasteindrücke gegenüber den simultanen zu erklären gesucht. Den
Czermak sind die neuerlich von Goldscheider entwickelten verwandt;
den specifisch ortsempfindlichen Druckpunkten den nur einer unbesti
sation fähigen »Gefühlssinn« der übrigen Haut gegenüber und lässt die
Tastvorstellungen aus einem Uebereinandergreifen dieser beiden Arte
dungen hervorgehen. (A. a. O. S. 88 ff.) Noch andere Modificationen d
Hypothese hat G. Meissner vorgeschlagen, hauptsächlich in dem Bestreb
einstimmung mit anatomischen Ergebnissen herbeizuführen. (Ztschr. f.
IV, S. 260.) Vgl. hierüber meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrneh

2) Lehrbuch der Psychologie als Naturwissenschaft, § 18.

zieht zwar die Bewegung als einen wesentlichen Factor für die Bildung
mnanschauung herbei, aber die eigene Bewegung des tastenden Fingers
llt hier nur insofern, als sie eine Succession der Vorstellungen ver-
und sie kann daher auch durch eine Hin- und Herbewegung des äußern
ersetzt werden. Das eigentlich wirksame Vehikel der Raumvorstellung
nicht die Bewegung, sondern lediglich die Succession der Empfindungen,
ald sie umkehrbar ist, zur Raumvorstellung wird[1]). Diese Theorie HER-
wandelt eine Beschreibung des objectiven Raumes unmittelbar in den
en Vorgang der Raumanschauung um. Wie wir uns in dem äußeren
n beliebiger Richtung Linien können gezogen denken, die, von wo an-
man sie auch ziehen mag, immer dieselbe Nebeneinanderordnung von
menten antreffen: so soll unsere Anschauung den Raum construiren,
ie hin- und zurücklaufende Linien durch denselben legt. Aber nirgends
rgethan, dass solche hin- und zurücklaufende Reihen mit Nothwendig-
Raumvorstellung führen. Im Gegentheil, wenn die in einer Richtung
den Vorstellungen die Zeitreihe sind, so bleibt unbegreiflich, warum
wärts laufenden etwas anderes als wiederum eine Zeitreihe sein sollen.
nnen, wie LOTZE treffend bemerkt hat, mit Tönen die zur Rauman-
g verlangte Reihenform leicht herstellen, wenn wir z. B. die Tonscala
uf- und dann absteigend singen, ohne dass doch eine räumliche Vor-
der Erfolg wäre[2]). Damit werden wir auch hier auf specielle physio-
Vorbedingungen hingewiesen.

itte Ansicht: Alle Empfindungen entspringen aus rein intensiven Er-
n. Wo eine räumliche Ordnung derselben zu Stande kommt, geschieht
rch die Verbindung mit einem hinzukommenden Nervenprocess, welcher
pfindung ein Zeichen beigibt, mittelst dessen sie auf einen bestimmten
Raume bezogen werden kann. Dieses Localzeichen, wie es von
enannt wird, kann bei den verschiedenen Sinnesorganen möglicherweise
rschiedene Beschaffenheit besitzen. Erforderlich ist nur, das alle Local-
Glieder einer geordneten Reihe sind. Speciell beim Tastsinn vermuthet
dass sie aus einem System von Mitempfindungen bestehen, welche
ie Ausbreitung des Reizes auf umgebende Theile verursacht werden[3]).
diese Theorie insofern gewiss auf dem richtigen Wege, als sie nach
gischen Vorbedingungen der Localisation in den Sinnesorganen sucht,
doch in den angenommenen Localzeichen keine zureichenden Motive
r solchen gegeben. Denn wenn auch die Localzeichen durch ihre Ge-

---

sychologie als Wissenschaft, Werke VI, S. 119. Nach HERBART findet bei einer
hin- und zurücklaufenden Succession eine abgestufte Verschmelzung der Einzel-
ngen statt. »Beim Vorwärtsgehen sinken allmählich die ersten Auffassungen
schmelzen, während des Sinkens sich abstufend, immer weniger und weniger
nachfolgenden. Beim mindesten Rückkehren aber gerathen sämmtliche
Auffassungen, begünstigt durch die vielen jetzt hinzukommenden, die ihnen
, ins Steigen«. So geschieht es denn, »dass jede Vorstellung allen ihre Plätze
indem sie sich neben und zwischen einander lagern müssen«. (A. a. O.
CORNELIUS (Die Theorie des Sehens und räumlichen Vorstellens. Halle 1861,
.) referirt über die HERBART'sche Theorie so, als wenn in derselben die Muskel-
ngen als Localisationshülfen herbeigezogen wären. Davon ist aber bei HER-
hts zu finden.
WAGNER's Handwörterbuch der Physiologie, III, S. 177.
LOTZE, Med. Psychologie, S. 409.

bundenheit an den Ort des Eindrucks vielleicht von jenen Quali
pfindung sich ablösen, welche ihre Ursache in dem äußeren
weil sie eben mit der wechselnden Beschaffenheit des letzteren
so ist deshalb doch noch nicht im mindesten einzusehen, wesh
räumliche Ordnung gebracht werden sollen. Als Hülfsmittel d
könnten sie nur dann dienen, wenn die Raumvorstellung von
geben wäre, und die Localzeichen nur benützt würden, um mit
Ort des Eindrucks festzustellen. In der That hebt auch LOTZE
seine Theorie nicht die Raumanschauung erklären solle, die ein
a priori angehöriges Besitzthum sei, sondern dass sie nur die
legen wolle, durch welche wir dem einzelnen Eindruck seine b
im Raum anweisen. Aber damit ist die oben geltend gemacht
nicht beseitigt. Wir begreifen nicht, warum aus qualitativen
sie noch so regelmäßig abgestuft sind, eine räumliche Ordnung
mag diese nun eine ursprüngliche Erzeugung oder eine bloße
des Raumes genannt werden. Dass solche qualitative Signale be
unseres Sinnesorganes anhaften, erschließen wir ja erst aus de
Localisation; jene Signale können also nicht zu ursprünglichen
Ortsunterscheidung gemacht werden. TH. LIPPS hat diese Schwie
zu heben gesucht, dass er auf die variabeln Verbindungen hinw
die Localzeichen mit einander treten müssten, je nachdem vers
stellen gleichzeitig berührt werden. Dadurch werde, auch w
ursprüngliche Tendenz zur intensiven Verschmelzung aller gleich
dungen voraussetze, doch allmählich eine Trennung gerade jen
bindung wechselnden Elemente eintreten[1]). Aber wenn auch an
muss, dass in dieser Variabilität der Elemente in der That w
Unterscheidung sehr wichtiges psychologisches Moment liegt,
auch im vorliegenden Falle in Anschlag gebracht werden mag, s
einzusehen, wie diese intensive zu einer extensiven Untersch
könne. Eine ähnliche Veränderlichkeit ist ja auch noch an den
standtheilen complexer Eindrücke und bei Empfindungen möglich
mals extensiv ordnen. In diesem Sinne lässt sich LOTZE's
Einwand gegen die HERBART'sche Reihentheorie in veränderter Fo
diese Ansicht wiederholen.

Vierte Ansicht: Die Raumanschauung entspringt aus d
wegung; die ursprünglichste räumliche Vorstellung ist daher
vorstellung. Letztere gewinnen wir aus den intensiv abgestuft
empfindungen. Bis hierhin schließt sich diese Ansicht unmittelba
schen Theorie an, deren Weiterbildung sie ist. Aber in der E
intensiv abgestufte Empfindungen an und für sich noch keine
räumlichen Ordnung in sich tragen können, lässt BAIN, der ha
Bewegungshypothese ausgebildet hat, jene Vorstellung aus einer
Bewegungsempfindungen mit der Zeitvorstellung hervorgehen[2]).
unsere Bewegung je nach ihrer Schnelligkeit die nämlichen Intens

1) TH. LIPPS, Grundthatsachen des Seelenlebens. Bonn 1883, S. 47
ders S. 496 ff.

2) A. BAIN, The senses and the intellect. 2. edit. London 1864, p
Theorie BAIN's stimmt eine ältere deutsche Arbeit von STEINBUCH in de
Punkten überein. (STEINBUCH, Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nür

hiedener Zeitdauer zurücklegen kann, muss sich nach BAIN die Vor-
des Raumumfangs der Bewegung von derjenigen ihrer Zeitdauer trennen.
bildet sich die räumliche Ordnung der Tastempfindungen. Indem wir
eine Reihe von Gegenständen bei verschiedener Geschwindigkeit be-
wird die Ordnung der Eindrücke als unabhängig von ihrer zeitlichen
n aufgefasst, und sie werden eben deshalb als neben einander
vorgestellt. Als Maß der Entfernung dient aber wieder die Bewegungs-
ng, in der somit alle Localisation ihren Grund hat. In dieser Hypo-
gt die richtige Erkenntniss, dass zum Vollzug räumlicher Vorstellungen
schiedenartige Elemente zusammenwirken müssen, da in einem einzigen
e abgestuften System von Empfindungen niemals der Grund liegen kann,
r qualitativen und intensiven Reihe dieser Empfindungen noch eine
Ordnung, die räumliche, zu setzen. Doch der Fehler besteht darin,
n zum eigentlichen Vehikel der Raumvorstellung die Zeitanschauung
Nach ihr müsste eine gewisse Folge von Empfindungen zur Raumstrecke
sobald deren Succession mit variabler Geschwindigkeit vor sich geht.
s ist der Weg, auf welchem eben die Vorstellung der Geschwindigkeit,
des Raums entsteht, wie das Beispiel anderer Empfindungen, z. B. der
npfindungen, deutlich macht. Eine Reihe von Tonintensitäten oder Ton-
it wechselnder Geschwindigkeit wiederholt führt nie zur räumlichen
. So bleibt schließlich doch an den Bewegungsempfindungen die spe-
Eigenschaft kleben, dass sie ihre Intensitäten in eine räumliche Reihe
was der ursprünglichen Auffassung BERKELEY's gleichkommt. Außerdem
die Hypothese dem Einwande, dass sie nicht erklärt, warum auch das
Tastorgan fähig ist seine Eindrücke zu localisiren und räumlich zu
Um diesen Einwand zu beseitigen, muss sie sich mit der vorigen
combiniren: sie muss Localzeichen annehmen, welche die Wiederer-
eines Eindrucks in Bezug auf den Ort seiner Einwirkung möglich machen.
ist aber derjenigen Theorie der Boden bereitet, welche wir oben ent-
haben[1]).

hat gegen diese Theorie eingewandt, die Localzeichen in ihrer Ver-
mit den Bewegungsempfindungen enthielten ebenso wenig etwas von
nanschauung wie die Localzeichen allein, und der früher für diesen
onsvorgang gebrauchte Ausdruck »psychische Synthese« sei eine Ana-
elche den Vorgang selbst nicht im mindesten erkläre[2]). Dieser Einwand
deshalb nicht zutreffend, weil er der Theorie eine Absicht zuschreibt,
ihrer Aufstellung nicht bestanden hat, und die in Wahrheit bei keiner
berechtigter Weise bestehen kann. Wir können niemals eine geistige
g, ähnlich etwa wie eine mechanische Bewegung, aus ihren elemen-
dingungen mit mathematischer Evidenz voraussagen. Bei den höheren
Erzeugnissen ist dies uns Allen geläufig; dass bei den gewöhnlichsten
ngsbildungen schon das nämliche Verhältniss geistiger Causalität statt-
t aber eine noch immer vielfach übersehene Thatsache. Der Hinweis
chemischen Verbindungen will dies nur durch ein für unsere [illegible]

[1]) Die Grundzüge derselben sind zuerst in der 1858 erschienenen ersten [illegible]
ner »Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung« (S. 48—6[illegible]

[2]) Vgl. z. B. LIPPS a. a. O. S. 511.

bundenheit an den Ort des I
pfindung sich ablösen, wel
weil sie eben mit der wechs
so ist deshalb doch noch ni
räumliche Ordnung gebracht
könnten sie nur dann diene
geben wäre, und die Localze
Ort des Eindrucks festzuste
seine Theorie nicht die Rau
a priori angehöriges Besitzth
legen wolle, durch welche
im Raum anweisen. Aber
nicht beseitigt. Wir begre
sie noch so regelmäßig abg
mag diese nun eine urspr
des Raumes genannt werd
unseres Sinnesorganes anh
Localisation; jene Signale
Ortsunterscheidung gemach
zu heben gesucht, dass er
die Localzeichen mit eina
stellen gleichzeitig berüh
ursprüngliche Tendenz zu
dungen voraussetze, doch
bindung wechselnden Ele
muss, dass in dieser V
Unterscheidung sehr wi
auch im vorliegenden F
einzusehen, wie diese
könne. Eine ähnliche V
standtheilen complexer
mals extensiv ordnen.
Einwand gegen die Ht
diese Ansicht wiederh

Vierte Ansich
wegung; die ursprün
vorstellung. Letztere
empfindungen. Bis h
schen Theorie an, d
intensiv abgestufte I
räumlichen Ordnung
Bewegungshypothese
Bewegungsempfindun
unsere Bewegung j

1) TH. LIPPS, Gru
ders S. 496 ff.

2) A. BAIN, The
Theorie BAIN's stimm
Punkten überein.

Zwölftes Capitel.

Gehörsvorstellungen.

…ine Formen der Schallvorstellungen.

…llungen zeichnen sich die des Gehörsinns durch die … sie aus einer außerordentlich reichen, aber gleich… …undlage entspringen. Das einzige Material für ihren … die Ton- und Geräuschempfindungen; andere Sinnes… …cht oder doch nur in secundärer Weise bei ihrer Bil… …ich ist die räumliche Beziehung hier nicht selbständig … von den andern raumauffassenden Sinnen, dem Ge… …rst entliehen. Man darf wohl vermuthen, dass in der … sinnlichen Grundlage die Unmöglichkeit einer räum… …r Gehörsvorstellungen mitbegründet liegt. Sie verhalten …sicht ähnlich den zwei andern Sinnen, deren Empfin… …auf die Form intensiver Qualitäten beschränkt bleiben, … Geschmack. Aber es unterscheidet sie wieder der Reich… …tativen Mannigfaltigkeit, die genaue Anpassung der Empfin… …äußeren Eindruck in Bezug auf den zeitlichen Wechsel …endlich die Möglichkeit, die regelmäßigeren Schalleindrücke …d Zusammenklänge in der Empfindung zu analysiren. Auf …dieser Bedingungen beruht die Eigenschaft der Gehörsvor… …ss sie neben den Bewegungsvorstellungen das wesentlichste …er Zeitanschauung abgeben.

… beiden Hauptarten der Schallempfindung, den Klängen und …sind es vorzugsweise die ersteren, die bei der Bildung zu… …tzter Gehörsvorstellungen in Betracht kommen. Die Geräusche …im allgemeinen auf der Stufe begleitender Empfindungen, die …gewissen Klängen oder andern Vorstellungen, namentlich Gesichts… …gen, eine charakteristische Beziehung verleihen können, ohne …Geräusche als solche eine selbständige Bedeutung gewinnen. So …wisse Geräusche, welche musikalische Klänge begleiten, bei der …g der Klangquelle mit, und andere Geräusche, welche an be… …äußere Vorgänge gebunden sind, wie der Donner des Gewitters, …schen des Windes, das Prasseln des Feuers, pflegen sich auf d… … mit Gesichtsvorstellungen zu associiren. Dagegen können Kl… …hr oder minder zusammengesetzter Beschaffenheit … …lbständ…

Erkenntnissstufe augenfälliges Beispiel versinnlichen: Niemand kan
schaften des Wassers aus denen des Wasserstoffs und des Sauer
sehen, obgleich Niemand bezweifelt, dass sich jenes aus diesem z
Sachlich ist diese Analogie deshalb keine ganz zutreffende, weil
Dynamik möglicher und sogar wahrscheinlicher Weise noch dazu
die Eigenschaften einer Verbindung aus denen ihrer Bestandtheile
Bei der psychischen Verschmelzung dagegen wird, wie ich meine
allgemeinen Charakter psychologischer Gesetze immer nur dieses
dass man die Eigenschaften der Componenten gewissermaßen in
wiedererkennt: niemals aber wird diese so vollständig und
den ersteren hervorgehen, dass man etwa dem, der die Vorstell
raumes nicht selbst erlebt hätte, diese beibringen könnte, w
unabhängig von einander Tastempfindungen mit ihren Localzeic
wegungsempfindungen mitzutheilen vermöchte. In dieser Bezieh
den verwickeltsten psychischen Processen das nämliche was von de
den Empfindungen, gilt: sie müssen erlebt werden, um Wirklichke
Darum kann aber auch hier der Theorie nur die doppelte Auf
1) diejenigen Elemente aufzuzeigen, welche thatsächlich un
lichen Tastvorstellungen beeinflussen, und 2) die Bezie
zuweisen, in welchen die Eigenschaften jener Eleme
Eigenschaften des resultirenden Productes stehen.
Hinsicht genügt die Theorie der einfachen unmittelbar m
empfindungen verbundenen Localzeichen nicht den Anforderunge
weder den Einfluss der Bewegungen auf die Raumunterscheidun
sie über die von der Richtung unabhängige Gleichartigkeit d
Maßsystems Rechenschaft. Die oben entwickelte Theorie com
localen Empfindungszeichen und Bewegungsempfindungen besteh
zeichen dagegen befriedigt jene Forderungen. Denn die Bewegungs
die dem Einfluss der Bewegung als Grundlage dienen, biete
zureichender Weise die Eigenschaft einer gleichartigen und
abgestuften Mannigfaltigkeit dar, um in ihnen jene qualitative
Dimensionen vorgebildet zu finden, welche eine wesentliche Eigen
Raumanschauung ausmacht[1]).



1) Zur Ergänzung vergl. hier die Erörterung des gleichen Problem
den Gesichtsraum in Cap. XIII, 8.

Zwölftes Capitel.

Gehörsvorstellungen.

1. Allgemeine Formen der Schallvorstellungen.

or andern Vorstellungen zeichnen sich die des Gehörsinns durch die
chaft aus, dass sie aus einer außerordentlich reichen, aber gleich-
sinnlichen Grundlage entspringen. Das einzige Material für ihren
bilden nämlich die Ton- und Geräuschempfindungen; andere Sinnes-
cke wirken nicht oder doch nur in secundärer Weise bei ihrer Bil-
mit. Namentlich ist die räumliche Beziehung hier nicht selbständig
kelt, sondern von den andern raumauffassenden Sinnen, dem Ge-
und Getast, erst entliehen. Man darf wohl vermuthen, dass in der
artigkeit ihrer sinnlichen Grundlage die Unmöglichkeit einer räum-
Ordnung der Gehörsvorstellungen mitbegründet liegt. Sie verhalten
dieser Hinsicht ähnlich den zwei andern Sinnen, deren Empfin-
ebenfalls auf die Form intensiver Qualitäten beschränkt bleiben,
eruch und Geschmack. Aber es unterscheidet sie wieder der Reich-
hrer qualitativen Mannigfaltigkeit, die genaue Anpassung der Empfin-
an den äußeren Eindruck in Bezug auf den zeitlichen Wechsel
ben, und endlich die Möglichkeit, die regelmäßigeren Schalleindrücke
länge und Zusammenklänge in der Empfindung zu analysiren. Auf
weiten dieser Bedingungen beruht die Eigenschaft der Gehörsvor-
gen, dass sie neben den Bewegungsvorstellungen das wesentlichste
nittel der **Zeitanschauung** abgeben.

on den beiden Hauptarten der Schallempfindung, den Klängen und
schen, sind es vorzugsweise die ersteren, die bei der Bildung zu-
engesetzter Gehörsvorstellungen in Betracht kommen. Die Geräusche
iben im allgemeinen auf der Stufe begleitender Empfindungen, die
der gewissen Klängen oder andern Vorstellungen, namentlich Gesichts-
llungen, eine charakteristische Beziehung verleihen können, ohne
die Geräusche als solche eine selbständige Bedeutung gewinnen. So
gewisse Geräusche, welche musikalische Klänge begleiten, bei der
nung der Klangquelle mit, und andere Geräusche, welche an be-
te äußere Vorgänge gebunden sind, wie der Donner des Gewitters,
auschen des Windes, das Prasseln des Feuers, pflegen sich auf das
te mit Gesichtsvorstellungen zu associiren. Dagegen können Klänge
ehr oder minder zusammengesetzter Beschaffenheit als selbständige

Vorstellungen bestehen. Hierbei sind wir durch die unmit
chologischen Eigenschaften der Tonempfindungen befähigt, s
die uns gleichzeitig oder in zeitlicher Folge gegeben werde
Tonempfindungen, die sie mit einander gemein haben, in e
zu einander zu bringen. Diese Beziehung bezeichnen wir al
wandtschaft.

Die Klangverwandtschaft kann nun entweder darin be
gewisse Partialtöne bei einer bestimmten Classe von Klängen i
kehren, wie auch die Höhe des Grundtons und der von
abhängigen Obertöne sich ändern mag; hier erscheinen c
Partialtöne als die constanten Begleiter der mit einander verglic
Oder es können die zusammenfallenden Partialtöne mit dem
verhältniss der Grundtöne wechseln, so dass die Höhe di
wandtschaft bestimmt. Wir wollen das erste die constant
die variable Klangverwandtschaft nennen.

Die constante Klangverwandtschaft bildet das
Hülfsmittel zur Erkennung des Ursprungs solcher Klänge,
früherer Erfahrung bekannt sind. Sie ist es, die der specif
färbung musikalischer Instrumente und anderer Klangquelle
liegt. Doch muss hierbei der Begriff der Klangverwandtschaft
als auf die Identität einzelner Partialtöne ausgedehnt werde
Klänge auch dann in constanter Weise verwandt erscheine
stimmte Ordnungszahlen der Partialtöne fehlen oder im Ge
vertreten sind. Hier sind in Wahrheit die Partialtöne verän
da bei einer bestimmten Klangform stets die gleichen Eigensch
tialtöne wiederkehren, so kann auch dieser Fall dem Gebiet c
Klangverwandtschaft zugerechnet werden. Ferner können g
in dem zeitlichen Verlauf ihrer Partialtöne, in dem An- und
sowie in dem Phasenverhältnisse derselben, einander gleiche
ähnlichkeit musikalischer Instrumente beruht zumeist auf ei
aller dieser Einflüsse; namentlich kommt unter ihnen die stä
hebung oder das Fehlen von Obertönen bestimmter Ordnun
(I, S. 419). Dazu treten dann häufig auch noch constante Ober
von bedeutender Tonhöhe, die aus gleichförmigen Bedingunge
erzeugung entspringen. Während jedoch bei den Klängen
Instrumente solche wirklich constante Partialtöne neben de
besprechenden Verhältnissen der variabeln Klangverwandtsc
nur eine untergeordnete Bedeutung gewinnen, sind sie es, di
lich vorkommenden Klang- und Geräuschformen hau
Grunde liegen. Die Schallerregungen, die der Donner, d
Fließen des Wassers, der Fall schwerer Körper hervorbringen,



is leicht durch charakteristische Klang- und Geräuschelemente von
rnd constanter Beschaffenheit, die in der Regel zugleich einen
ttirenden Charakter besitzen. Nicht minder erkennen wir an ihnen
mmen der Thiere, den Gesang der Vögel, das Schwirren gewisser
n u. dergl. Zu diesen durch constante Klangverwandtschaften aus-
neten natürlichen Lauten gehören auch als ihre wichtigste Classe
enschlichen Sprachlaute. Schon WILLIS und WHEATSTONE be-
n, dass die Vocalklänge auf der Hervorhebung bestimmter, für
Vocal charakteristischer Partialtöne beruhen [1]). Unabhängig von
er zeigten dann DONDERS und GRASSMANN, dass die Mundhöhle als
izgebender Raum charakteristische Partialtöne der Vocale verstärkt [2]),
ELMHOLTZ suchte durch künstliche Composition aus einfachen Stimm-
längen die Vocale auf rein akustischem Wege zu erzeugen [3]). End-
nd HERMANN mittelst der objectiven Analyse der Klangwellen, dass
termittirendes Auftreten dieser annähernd festen Partialtöne,
s wahrscheinlich durch die oscillirende Bewegung der Theile der
öhle bei ihrem Anblasen vom Kehlkopf aus hervorgebracht wird,
Entstehung des Vocalcharakters wesentlich ist. Von der dauernden,
n seiner Tonhöhe durch die Spannung der Stimmbänder variirbaren
k des Kehlkopfklangs sondert sich so die intermittirende, von der
les Kehlkopftones unabhängige Periodik der in der Mundhöhle ent-
len charakteristischen Vocaltöne [4]). Da die Consonanten nicht mehr
iche Klänge sondern Geräusche sind, die deshalb eine Analyse
er zulassen, so sind für sie die charakteristischen Partialtöne
ns nicht unmittelbar zu bestimmen. Wahrscheinlich sind oft viele,
h zu einer unregelmäßigen Luftbewegung zusammensetzen, an ihrer
hung betheiligt. Doch scheinen bei einigen Consonanten, welche
ingig von mitgesprochenen Vocalen einen gewissen Klangcharakter
n tragen, wie dem *P*, *K*, *R* u. s. w., auch einzelne charakteristische
töne nachweisbar zu sein [5]). Indem das menschliche Sprachorgan
ese Weise Klang- und Geräuschformen von constanter Beschaffenheit
t, vermag es bei bestimmten Gefühlen und Vorstellungen immer
dieselben Lautzeichen hervorzubringen und auf diese Weise jene
n Vorgänge nach außen mitzutheilen. Während uns daher die con-

WILLIS, POGG. Ann. XXIV, S. 397, 1832. WHEATSTONE, Westminster Review
7.
DONDERS, Archiv f. die holländ. Beiträge für Natur- und Heilkunde, I, S. 157.
NN, Programmbeilage des Gymnasiums zu Stettin, 1854, und WIEDEMANN's Ann.
3.
HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen, 3. Aufl., S. 162 ff.
L. HERMANN, PFLÜGER's Archiv XLIII, S. 347 ff.
WOLF, Sprache und Ohr. Braunschweig 1871, S. 23 ff.

stante Klangverwandtschaft an den sonst in der Natur herv Schalleindrücken höchstens gewisse Klangquellen unterschei sie bei den Sprachlauten zu einem Element mannigfacher und Gefühlszeichen geworden.

Die Untersuchung natürlich vorkommender Klänge und Geräu auf die in sie eingehenden einfachen Töne kann im allgemeinen zw schlagen: den analytischen und den synthetischen, wobei der e entweder in der in Cap. IX S. 460 erörterten subjectiven Klanga Resonatoren oder in einer objectiven Klanganalyse bestehen k man die Schwingungsform des gegebenen Schalles irgendwie gra winnen und dann dieselbe in ihre einfachsten periodischen Bestan legen sucht. Von diesen Untersuchungsweisen ist die subjec analyse und die sich an sie anschließende Synthese eines K durch jene gewonnenen einfachen Tönen am leichtesten auszufüh liefert begreiflicher Weise weniger sichere Resultate als die obje In der That ist es bis jetzt nicht gelungen den Empfindungse sammengesetzten musikalischen Klanges künstlich durch die Ve facher Töne vollkommen nachzubilden, eine Thatsache, welch darauf hinweist, dass bei der natürlichen Entstehung musikalische der Verbindung bestimmter Partialtöne noch andere Bedingungen (Vgl. unten Nr. 2.) So erklärt es sich denn auch, dass der We tiven Analyse und der künstlichen Synthese bei den Vocalkläng gängig zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt hat. Währe für die drei Vocale *u*, *o* und *a* nur je einen, für die andern charakteristische Obertöne fand, die bei Veränderungen des gesu tones constant blieben, ergab sich in den Versuchen von F. namentlich von J. Lahr diese Zahl besonders bei den Vocalen eine größere; auch schienen die charakteristischen Obertöne nic bleiben, sondern sich, wie dies zuerst Grassmann behauptet h Höhe des Grundtones zu ändern[1]). Eine objective Analyse d wurde dann von Hensen und Pipping[2]) mit Hülfe eines eigens zu construirten Sprachzeichners und von L. Hermann[3]) mittelst eine Phonographen neuerer Construction ausgeführt. Dabei fand sich Helmholtz angenommene Constanz der charakteristischen Obertön bestätigt; dagegen wich die absolute Höhe wesentlich ab. folgende Übersicht, in der die durch objective Analyse gewonne Hermann's mit den auf subjectivem Wege erhaltenen von Helmho gestellt sind.



1) F. Auerbach, Wiedemann's Ann. IV, S. 508. Grassmann, ebend. I, ebend. XXVII, S. 94.
2) Zeitschr. f. Biologie, XXVII, S. 1 ff.
3) Pflüger's Archiv, XLVII, S. 347, LIII, S. 1 ff.

	Hermann	Helmholtz
U	$c^2 f^1 d^2 e^2$	f^1
O	$c^2 dis^2$	b^1
A	$e^2 gis^2$	b^2
Ae	$c^2 e^2 fis^3 ais^3$	$g^3 d^2$
E	$d^2 e^2 ais^3 h^3$	$b^3 f^1$
Oe	$f^3 g^3$	$cis^3 f^1$
Ue	$a^3 h^3$	$g^3 f^1$
I	$c^4 f^4$	$d^4 f^1$

en den von Hermann und von anderen Beobachtern gewonnenen Er-
en finden sich zwar ebenfalls Unterschiede; diese sind aber viel geringer
wie man sieht, durchgängig von einander abweichenden Resultate der
ven und der objectiven Beobachtung. Dies hat wohl hauptsächlich darin
Grund, dass sich Klänge, die den Vocalen **gleichen**, überhaupt nicht
ichmäßig andauernden einfachen Tönen zusammensetzen lassen, sondern
f diesem Wege immer nur mehr oder minder **ähnliche** Tonmischungen
en werden. Stellt man nach der Helmholtz'schen Methode der Synthese
e an, so hört zwar der Beobachter die einzelnen Vocale richtig aus den
ienklängen heraus, wenn man ihm sagt, dass er Vocale zu hören hat.
as letztere würde er aber die Klänge überhaupt nicht für Vocale halten.
klärt sich vollständig aus den von Hermann am Phonographen gewonnenen
rven. Diese wurden so hergestellt, dass mit dem Reproducer des
raphen ein kleiner Spiegel verbunden war, der mittelst einer Convexlinse
ichtpunkt auf eine rasch rotirende Trommel reflectirte und so auf einem
iese gespannten lichtempfindlichen Papier die den mitgetheilten Klang-
entsprechenden Schwingungen des Phonographen in der Form einer
viedergab. Die so gezeichneten Curven bieten deutlich das Bild einer
sition mehrerer Klangwellen, von denen die eine gleichmäßig an-
e dem gesungenen Ton entspricht und daher mit der Höhe desselben
rlich ist, während die andern, intermittirenden immer die gleichen Ab-
behalten, so lange der gesungene Vocal derselbe bleibt. Jede solche
rve setzt sich dann aber wieder aus der Superposition mehrerer Theil-
der in der obigen Tabelle angegebenen Weise zusammen. Aus dieser
z der Vocaltöne bei wechselndem Grundton geht schon hervor, dass die
nur ausnahmsweise harmonisch zum Grundton sein können, und dass
lie für andere musikalische Klänge mögliche Zerlegung in eine Reihe
scher Partialtöne für sie nicht zutrifft. Vielmehr wird man annehmen
dass durch das Anblasen der Mundhöhle selbständig Töne entstehen
wie denn auch bei der Flüsterstimme, bei der die Tonerzeugung im
f ganz fehlt, die charakteristischen Vocaltöne zu hören sind. Den
der Intermittenz der letzteren auf den Vocalcharakter fand Hermann
ıdurch bestätigt, dass jede erhebliche Abweichung der Geschwindigkeit
roducers den Vocalcharakter unkenntlich machte, während musikalische
mit gleichmäßig andauernden Partialtönen dadurch nicht verändert

ter der **variabeln Klangverwandtschaft** verstehen wir die
he, dass verschiedene Klänge je nach dem Verhältniss ihrer Ton-

höhe in wechselndem Grade mit einander übereinstimmen l
rend der allgemeine Charakter derselben ungeändert bleibt.
und die constante Klangverwandtschaft sind natürlich nicht
hängig von einander. Namentlich muss der Umstand, ob ei
starken Mitklingen der Partialtöne oder dem Mangel derselbe
geradzahligen oder ungeradzahligen Partialtönen seine charakte
bung verdankt, auch die variable Klangverwandtschaft beei
würde uns zu weit führen, die mannigfachen Modificatione
suchen, welche die von der Tonhöhe abhängige Verwandtscl
dieser Verhältnisse des constanten Klangcharakters erfahren ka
daher an dem allgemeinsten Fall genügen, der für die Fes
variabeln Klangverwandtschaft, wie sie sich in den Gesetzen
lischen Harmonie ausgeprägt hat, vorzugsweise bestimmend
Dies ist jene Verwandtschaftsbeziehung, welche die Klänge da
in ihnen der Grundton von höheren Obertönen begleitet
Schwingungszahlen das 2-, 3-, 4fache u. s. w. der Schwing
Grundtons betragen, und deren Intensität rasch abnimmt, s
allgemeinen höchstens bis zum zehnten Partialton zu berücks
Ein Klang von der hier vorausgesetzten Beschaffenheit en
früheren Erörterungen dem allgemeinsten Schwingungsges
Körper, indem diese in der Regel, während sie als ganze sc
gleich in ihren einzelnen Theilen Schwingungen ausführen,
die Reihe der einfachen ganzen Zahlen verhalten [1]). Wo ve
derer Bedingungen der Klangerzeugung einzelne Glieder dies
fallen, da werden doch in größeren Zusammenklängen s
regelmäßig ergänzt, wie dies namentlich das Beispiel unser
Harmoniemusik zeigt. Einen in der angegebenen Weise vor
ungeradzahligen Obertönen mit rasch abnehmender Intensitä
Klang können wir darum einen vollständigen Klang nen
That ist ein solcher, während sein eigener Charakter unverä
am besten geeignet, die von der Tonhöhe abhängige Klangve
hervorzuheben. Da auf ihr die Gesetze der musikalischen Klang
beruhen, so kann sie auch die musikalische Verwandtscha
genannt werden. Wir können aber zwei Fälle derselben u
entweder sind verschiedene Klänge direct verwandt, indem
Bestandtheile mit einander gemein haben; oder sie sind in
wandt, insofern nämlich, als sie selbst Bestandtheile eines u
Grundklanges ausmachen können. Natürlich können beide
Verwandtschaft mit einander verbunden sein. So sind z.

1) Vgl. I, S. 446 f.

ntervall bildenden Töne c und g sowohl direct wie indirect ver-
: direct, da mehrere ihrer Obertöne, wie g^1, g^2 .... zusammenfallen;
ct, da sie ihrerseits beide in dem um eine Octave tieferen Klang C
bertöne vorkommen. Nur bei einfachen, der Obertöne entbehrenden
en kann von directer Verwandtschaft streng genommen nicht die
sein. Wenn trotzdem auch hier bestimmte Intervalle als harmo-
, andere als disharmonische empfunden werden, so beruht dies haupt-
ch darauf, dass solchen einfachen Klängen die indirecte Verwandt-
nicht fehlt.

ie musikalischen Klänge bilden insofern eine ausgezeichnete Classe
orstellungen, als die Eindrücke, durch die sie bewirkt werden, zum
rößten Theil einer kunstmäßigen Erzeugung, die überall von dem
hlichen Willen geleitet wird, ihren Ursprung verdanken. Hierdurch
diese Vorstellungen in doppelter Hinsicht ein psychologisches Pro-
dar: erstens können sie in der Form, in der sie in ihrer gegenwär-
Beschaffenheit dem Bewusstsein gegeben sind, ähnlich allen andern
exen Vorstellungen zergliedert werden; zweitens aber bilden die Be-
ngen ihrer ursprünglichen Erzeugung den Gegenstand einer beson-
Untersuchung. Das vorliegende Capitel hat sich nur mit der ersten
Fragen zu beschäftigen; die zweite wird im Zusammenhange mit
llgemeinen Theorie der Willenshandlungen zur Sprache kommen[1].

2. Directe Klangverwandtschaft.

er Grad der directen Verwandtschaft der Klänge wird durch
rtialtöne derselben bestimmt. Zwei Klänge müssen um so näher
ndt sein, je größer die Zahl und Stärke der Partialtöne ist, die sie
nander gemein haben. Die Stärke der Partialtöne ist aber von ihrer
ngszahl abhängig, indem sie im allgemeinen mit steigender Ord-
zahl abnimmt. Aus dieser Regel folgt unmittelbar, dass nur solche
e merklich verwandt sein können, bei denen die Schwingungs-
ältnisse der Grundtöne durch kleine ganze Zahlen aus-
ückt werden. Denn nur wenn diese Bedingung zutrifft, stimmen
ltöne von niedriger Ordnungszahl überein. Stehen z. B. die Grund-
n dem Verhältniss der Quinte 2 : 3, so hat der erste Ton die Partial-
, 4, 6, 8, 10, 12 ...., der zweite die Partialtöne 3, 6, 9, 12 ....
ällt der 3te Partialton des ersten mit dem 2ten des zweiten Klangs,
der 6te mit dem 4ten, der 9te mit dem 6ten, der 12te mit dem

[1] Vgl. Abschn. V, Cap. XXII.

8ten u. s. w. zusammen. Beiden Klängen sind demnach m
töne von niedriger Ordnungszahl gemeinsam, deren Stärke
sogleich als verwandte Klänge erscheinen zu lassen. Anders
mit dem Verhältniss der Secunde 8 : 9. Hier stimmt erst d
ton des ersten mit dem 9ten des zweiten Klanges überein,
der 16te mit dem 18ten u. s. w. Schon die nächsten P
identisch sind, und noch mehr die späteren, besitzen also
Ordnungszahl, dass sie jenseits der Grenzen noch empfindb
standtheile liegen.

Man hat den Grund für die bevorzugte Stellung bestim
valle zuweilen unmittelbar in dieser Einfachheit der Schwi
nisse zu finden geglaubt. Für unsere Empfindung existir
die Schwingungszahlen, sondern nur die von ihnen abhängi
gen der Partialtöne. Insofern jedoch die übereinstimmenden
zweier Klänge zunehmen, wenn das Verhältniss der Schw
einfacher wird, kann das letztere allerdings einen Maßstab
wandtschaft abgeben. In der That geben die Zahlen, welc
valle der Grundtöne messen, immer zugleich an, welche u
tialtönen der beiden Klänge identisch sind. Wir gewinnen
uns auf diejenigen Klangverhältnisse beschränken, bei denen
zahlen der coincidirenden Partialtöne hinreichend niedrig s
Grenzen merklicher Klangverwandtschaft nicht erheblich
werden, folgende Reihe [1]).

---

1) Wegen der Stimmung unserer musikalischen Instrumente nach
der Temperatur entsprechen an denselben die Intervalle nur bei den Oct
dem angegebenen Schwingungsverhältniss. Die hierdurch bedingten Ab
Klangs sind aber so wenig merklich, dass sie die Auffassung der Klan
nicht sehr beeinträchtigen; nur können unter Umständen die in Folge
von der reinen Stimmung entstehenden Schwebungen der Obertöne,
gleichzeitig angegeben werden, störend werden. (Vgl. hierüber I, S. 467
Schwebungen zu vermeiden, bedient man sich rein abgestimmter St
Zungenpfeifen, welche letzteren durch die deutlich ausgeprägten Obert
vorzugsweise zur Bestimmung der Klangverwandtschaft sich eignen. F
beschreibenden Versuche habe ich hauptsächlich einen APPUNN'schen
mit Zungenpfeifen angewandt, der ein C von 32 Schwingungen mit sein
enthält.



Intervalle (Grundton C)	Verhältniss der Schwingungszahlen	Ordnungszahlen der zusammenfallenden Partialtöne des tieferen	des höheren Tons
…e c	1 : 2	2, 4, 6,‖ 8 etc.	1, 2, 3,‖ 4 etc.
…loctave c^1	1 : 4	4, ‖8,|12, 16	1, |2, |3, 4
…cime g	1 : 3	3, 6, ‖9,|12	1, 2, ‖3, |4
… G	2 : 3	3, 6, ‖9, 12	2, 4, ‖6, |8
… F	3 : 4	4, ‖8,|12, 16	3, ‖6, |9, 12
… Sexte A	3 : 5	5,‖10,|15, 20	3, ‖6, |9, 12
… Terz E.	4 : 5	5,‖10,|15, 20	4, ‖8,|12, 16
… Terz Es	5 : 6	6,‖12, 18, 24	5,‖10, 15, 20
…nderte Septime B— . . .	4 : 7	7,|14, 21, 28	4, |8, 12, 16
…nderte Quinte Ges— . . .	5 : 7	7,|14, 21, 28	5,|10, 15, 20
…nderte Terz Es—	6 : 7	7,|14, 21, 28	6,|12, 18, 24
… Sexte As	5 : 8	8,|16, 24, 32	5,|10, 15, 20
… Septime B	5 : 9	9,|18, 27, 36	5,|10, 15, 20
…mäßige Secunde $D+$. . .	7 : 8	8,|16, 24, 32	7,|14, 21, 28
…mäßige Terz $E+$	7 : 9	9,|18, 27, 36	7,|14, 21, 28
…de D	8 : 9	9,|18, 27, 36	8,|16, 24, 32
… Septime H	8 : 15	15, 30, 45, 60	8, 16, 24, 32

In dieser Reihe sind die zusammenfallenden Partialtöne überall bis … vierten aufgeführt. Um die Ordnung, in welcher die Klänge nach … Verwandtschaft einander folgen, deutlicher übersehen zu lassen, sind …nigen übereinstimmenden Klangbestandtheile, die vor dem 11ten Par…n des tieferen Klangs liegen, durch einen einfachen Verticalstrich, …vor dem 7ten Partialton kommenden durch einen Doppelstrich abge…ert. Im allgemeinen lässt sich annehmen, dass die Partialtöne bis … 6ten verhältnissmäßig leicht wahrnehmbar sind. Wo vor diesem …einstimmende Klangbestandtheile vorkommen, ist daher eine mehr oder …ger deutliche Verwandtschaft vorhanden. Die Partialtöne vom 6ten …um 10ten dagegen sind meist so schwach, dass sie für sich allein … Klangverwandtschaft begründen und höchstens, wenn eine solche … vorhanden ist, auf den Grad derselben von einigem Einfluss sein …en. Die aufgeführten Intervalle trennen sich nun in folgende …pen:

1) Octave, Doppeloctave, Duodecime. Sie sind vor allen an… Intervallen dadurch ausgezeichnet, dass die Partialtöne des zweiten …gs sämmtlich mit Partialtönen des ersten zusammenfallen. Der höhere … ist also hier eine einfache Wiederholung gewisser Bestandtheile des …en. Ebenso verhält es sich mit allen weiteren Intervallen, bei denen …Zähler des Schwingungsverhältnisses der Einheit gleich ist, wie 1 : 5, … u. s. w. Indem hier überall der höhere Klang lediglich nur die

Obertonreihe des tieferen von einer bestimmten Stelle an
liegt ein unvollständiger Einklang, nicht eigentlich e
Klangverwandtschaft vor. Je höher bei dem unvollständigen
zweite im Verhältniss zum ersten Klange liegt, um so kleine
gens die Reihe deutlich wahrnehmbarer Partialtöne, die zus
um so unvollständiger erscheint daher der Einklang. Dieser
Doppeloctave schon viel schwächer als bei der Duodecime un
sich noch viel mehr bei den weiter gegriffenen Intervalle
schließlich gar keine Partialtöne mehr wirklich zusammenfall
des höheren Tons erst da beginnen, wo die des tieferen b
hört haben.

2) Duodecime und Quinte würden Intervalle von g
wandtschaftsgrad sein, wenn sich dieser bloß nach den übe
den Partialtönen und ihrer Ordnungszahl bestimmen ließe.
sind bis zur 6ten Stufe des tieferen Klangs zwei, bis zu
identische Partialtöne vorhanden. Aber diese Intervalle ge
augenfällige Beispiele für die Verschiedenheit des unvollständig
und der Klangverwandtschaft. Die Duodecime ist eine höhere
der Quinte, bei der alle nicht übereinstimmenden Partialtöne
Klangs weggeblieben sind. Unter denjenigen Klangverhältni
im eigentlichen Sinne verwandt genannt werden können,
die Quinte die erste Stelle ein. Sie ist das einzige Intervall,
zwei verschiedene Partialtöne des ersten und auf einen versc
zweiten Klangs je einen übereinstimmenden hat[1]).

3) Quarte, große Sexte und große Terz bilde
eine Gruppe von annähernd gleichem Verwandtschaftsgrad.
dieser Intervalle ist ein übereinstimmender Partialton innerl
ersten, ein zweiter innerhalb der fünf folgenden Stufen der
des Grundklangs enthalten. Das Verhältniss der übereinsti
den verschiedenen Partialtönen begründet die angegebene Re
drei Intervalle. Bei der Quarte kommt nämlich auf 3 ausein
Partialtöne des ersten und auf 2 des zweiten Klangs, bei der
auf 4 und 2, bei der großen Terz auf 4 und 3 je ein ide
tialton. Die kleine Terz aber unterscheidet sich von jene
vallen nicht nur durch die höhere Ordnungszahl der zusam
Partialtöne, sondern auch durch die größere Zahl disparater Kl

1) Die Reihe der Partialtöne der beiden Klänge wird nämlich bei
gestellt durch die Zahlen:

I (*C*)	2	4	6	8	10	12	14	16
II (*G*)	3		6	9		12		15 u. s. w.



indem sie erst auf 5 verschiedene Partialtöne des ersten und auf zweiten Klangs einen übereinstimmenden enthält[1]).

ei allen weiteren Intervallen, welche in der obigen Tabelle noch ent- sind, kann die directe Klangverwandtschaft als verschwindend klein hen werden, da die ersten zusammenfallenden Partialtöne zwischen ten und 10ten gelegen sind; bei der großen Septime überschreiten gar diese Grenze. Man sieht aber sogleich, dass diejenigen Intervalle, ir als verwandte kennen gelernt haben, in der Musik als mehr oder er **harmonische** Intervalle Geltung haben, und dass sie nach dem nstimmenden Harmoniegefühl im allgemeinen in die nämliche Reihen- gebracht worden sind, in die sie nach ihrer Verwandtschaft sich n. Unter den Intervallen, welche erst durch Partialtöne, die über ten liegen, verwandt sind, wird noch die kleine Sexte als nahe werthig der kleinen Terz betrachtet; in der That wird bei ihr die Lage des coincidirenden Partialtons des ersten Klangs durch die des zweiten etwas ausgeglichen. Noch näher steht an und für sich rminderte Septime einer deutlichen Verwandtschaft; sie hat aber, ie sich zu mehrstimmigen Accorden weniger eignet, in der harmo- n Musik keine Verwendung gefunden.

Vie die Quinte ihren Charakter ändert, wenn sie, um eine Octave gelegt, zur Duodecime wird, so tritt dies auch bei allen andern allen ein. Aber keines derselben wird dabei mehr, wie die Quinte, em unvollständigen Einklang, sondern alle andern bleiben innerhalb renzen eigentlicher Verwandtschaft, wobei deren Grad entweder ndert oder vergrößert wird. **Die Verwandtschaft vermindert wenn die Schwingungszahl des tieferen Klangs eine un- le, sie vergrößert sich, wenn sie eine gerade Zahl ist.** Regel folgt unmittelbar aus der Beziehung der zusammenfallenden ltöne zu den Schwingungszahlen. Ist nämlich die kleinere Schwin- zahl geradzahlig, so wird durch deren Halbirung das Schwingungs- ltniss der Octave gewonnen. Nun ist aber, wie wir sahen, die ngungszahl des ersten Klangs zugleich Ordnungszahl für den iden- n Partialton des zweiten, die Schwingungszahl des zweiten Klangs ngszahl für den identischen Partialton des ersten. Demnach wird

[1]) Die Reihenfolge der Partialtöne ist bei den genannten vier Intervallen die le:

Quarte 3 : 4

3 6 9 12 15 18 21 24
4 8 12 16 20 24

Große Sexte 3 : 5

I (*C*) 3 6 9 12 15 18 21 24
II (*A*) 5 10 15 20 25

Große Terz 4 : 5

4 8 12 16 20 24 28
5 10 15 20 25 30

Kleine Terz 5 : 6

I (*C*) 5 10 15 20 25 30 35 40
II (*Es*) 6 12 18 24 30 36

in diesem Fall auch die Ordnungszahl der identischen Pa
zweiten Klangs auf die Hälfte herabgesetzt, während die de
geändert bleibt. Ist dagegen die kleinere Schwingungszahl
so kann das Schwingungsverhältniss der Octave nur durch
der größeren Schwingungszahl erhalten werden. Jetzt blei
Ordnungszahl der Partialtöne des zweiten Klangs ungeänd
die des ersten verdoppelt wird. Von allen Intervallen n
Klangverwandtschaft wird demnach nur bei der Quinte und
durch den Uebergang zur Octave die Verwandtschaft verstärk
entfernt sich durch den Uebergang zur Duodecime sogar aus
der eigentlichen Klangverwandtschaft, indem sie zu einer de
logen Klangwiederholung wird. Die große Terz wird zur g
mit dem Schwingungsverhältniss 2 : 5, wobei schon der 2te
zweiten Klangs mit dem 5ten des ersten zusammenfällt. Bei
harmonischen Intervallen vermindert sich die Klangverwandtsc
Uebergang der Quarte zur Undecime (3 : 8), der großen S
decime (3 : 10), der kleinen Terz zur kleinen Decime (5 : 1

Die directe Klangverwandtschaft musikalischer Intervalle
pelter Weise zum Ausdruck gelangen: in der melodische
derfolge der Einzelklänge und in dem harmonischen
klang. Bei der ersteren tritt die Verwandtschaft dadurch
in dem Wechsel der Klänge die übereinstimmenden Partial
bleiben. So dauern beim Uebergang vom Grundton zur Qu
6te .... Partialton des ersteren fort, während sich die üb
dern. Bei dem Zusammenklang bilden dagegen die übere
Partialtöne intensivere Bestandtheile des ganzen Empfindu
als die übrigen Obertöne; sie können daher bei Klängen mit
tönen nahezu die Intensität der Grundtöne erreichen. Auf
helfen hier die coincidirenden Obertöne nicht nur mit zu jene
der Klangeinheit, welche allen harmonischen Zusamme
kommt, wenn sie auch bei ihnen weniger ausgeprägt ist als
zelklang, sondern sie wirken auch vorzugsweise auf die cha
Tonfärbung des Zusammenklangs. In dieser Beziehung näh

---

1) Als Beispiele für das verschiedene Verhalten dieser beiderlei
hier nur die Partialtöne der großen Terz und Quarte mit ihren Octavv
geführt:

Große Terz

I (*C*)	4		8		12		16	20
II (*E*)		5		10		15		20

Große Decime

I (*C*)	2	4		6	8
II (*e*)			5		

Quarte

I (*C*)	3		6		9	12	15	
II (*F*)		4		8		12		16

Undecime

I (*C*)	3	6		9	12	15		18
II (*f*)			8				16	

:hste Intervall, die **Quinte** ($c:g$), am meisten in ihren akustischen
gungen durch die Coincidenz nahe liegender Obertöne, welche wieder
he Octavversetzungen des einen der beiden Grundtöne sind (g^1, g^2),
wirklichen Einzelklang. Daraus erklärt sich die bekannte Regel der
alischen Praxis, dass Quintenfolgen in der Melodie ebenso wie un-
füllte Quinten bei harmonischen Zusammenklängen zu vermeiden sind.
den übrigen harmonischen Intervallen sind die Quarte ($c:f$) und
roße Terz ($c:e$) ebenfalls dadurch ausgezeichnet, dass ihre überein-
enden Partialtöne Octavversetzungen eines Grundtons sind: es ist
ber bei ihnen nicht der höhere, sondern der tiefere derselben (c),
lie Coincidenz tritt erst in einer höheren Octave ein. Hieraus er-
zugleich, dass die directe Klangverwandte, welche auf der Ueber-
nmung gewisser Partialtöne beruht, zwar **eine** der Bedingungen der
mmeneren Klangharmonie enthält, aber keineswegs diese selbst er-
Denn die Harmonie beruht nicht bloß auf jener Empfindung der
einheit, die durch einzelne stärker hervortretende Partialtöne ver-
t werden kann, sondern immer zugleich auf der ihr theilweise ent-
gesetzten **Unterscheidung von Klängen**, deren Tonhöhen in be-
ten Verhältnissen zu einander stehen. Hiervon überzeugt man sich
deutlich, wenn man abwechselnd zuerst die übereinstimmenden und
die nicht zusammenfallenden Partialtöne eines Zusammenklanges ver-
. Im ersteren Fall wird lediglich die Empfindung der Klangeinheit
ößert; bei der Quinte kann dies so weit gehen, dass sie fast wie
inzelklang erscheint, der dann bei dem Intervall $c:g$ einem sehr
nreichen g, also der Dominante des Grundtons c, entspricht. Dagegen
die Leerheit des Zusammenklangs bedeutend gemindert, wenn man
zeitig mehrere der nicht coincidirenden und mit den Haupttönen
übereinstimmenden Obertöne verstärkt. Die Prüfung des Einflusses
irecten Klangverwandtschaft weist also unmittelbar auf ergänzende
hr theilweise entgegenwirkende Bedingungen der musikalischen Har-
hin: wir werden in der That solche Bedingungen in den Verhält-
der indirecten Klangverwandtschaft kennen lernen.

:s ist die gewöhnliche Ansicht, dass die Empfindung der **Klangeinheit**
n **Einzelklängen** durch die viel größere Stärke des Grundtons gegen-
len Obertönen bedingt werde. Diese Ansicht ist nur in sehr beschränktem
richtig, nur insoweit nämlich, als der Grundton nicht so schwach sein
dass er gegen die Obertöne verschwindet. Dagegen wird die Empfindung
angeinheit nicht geschwächt, wenn die Obertöne ebenso stark sind wie
rundton, ja wenn einzelne ihn sogar übertreffen. Es wird dadurch immer
e Klangfarbe verändert, nicht aber die Vorstellung des Einzelklangs auf-
en. Man kann sich hiervon an dem Obertöneapparat überzeugen, wenn
. B. zuerst den Duraccord 4 : 5 : 6 angibt und dann dessen drei Unter-

töne 1, 2, 3 in gleicher Stärke hinzugefügt: die bei dem Dreik
auch hier nicht fehlenden Empfindung der Klangeinheit so ausgepräg
eines Zusammenstimmens mehrerer Töne hört augenblicklich ganz
glaubt nur noch einen einzigen Klang von sehr voller Klangfarbe z
erste Bedingung für das Zustandekommen der Vorstellung des E
also, dass in einer Reihe von Partialtönen, deren Schwingungszah
der einfachen ganzen Zahlen entsprechen, der Grundton mit der
zahl 1 in hinreichender Stärke vorkomme. Aber neben dieser
noch eine zweite Bedingung erfüllt sein: sie besteht darin, dass ei
gesetzte Klangform mit unveränderlichem Verhältniss ihrer einzelnen
phasen vorhanden sei, welche, abgesehen von der nebenhergeh
des Klangs, der Vorstellung der Klangeinheit als Grundlage
Diese Bedingung ist bei dem oben erwähnten Versuch am O
verwirklicht. Denn der einzelne Klang desselben hat eine sehr a
Klangfarbe mit deutlichen Obertönen. Indem nun die letzter
Hinzutreten höherer harmonischer Klänge verstärkt werden, erfährt
Klangform immerhin nur in der Richtung, die im einzelnen Klan
gebildet ist, eine weitere Veränderung. Dagegen fällt der Versu
anders aus, wenn man ihn mit den relativ einfachen Tönen von
ausführt. Hier bewahrt die den Schwingungszahlen 1, 2, 3, 4
sprechende Tonreihe, auch dann, wenn man den Grundton stark
töne schwach angibt, immer den Charakter eines Zusammenk
Erscheinung ist wieder, wie so manche andere früher erörte
Voraussetzungen der Resonanzhypothese allein nicht zu erklären,
dieser die Schwingungsform nie als solche, sondern immer n
Partialtöne, in die sie zerlegt werden kann, in der Empfindung g
kann. Die Erscheinung wird aber verständlich, wenn man, v
(I, S. 313) geschehen ist, bei jeder Schalleinwirkung eine electi
Resonanzapparat vermittelte, und eine diffuse Erregung annimmt,
erstere aus einer Klangmasse die einzelnen Partialtöne aussondert
die Klangmasse als Ganzes zur Wirkung bringt. Nun ist fü
Erregung selbstverständlich eine aus einer Summe einfacher Tö
gesetzte Klangmasse mit dem in dieselben Elemente zerlegbare
identisch; für die diffuse Erregung gilt aber diese Identität nicht,
Qualität und Intensität der Partialtöne auch noch deren Phasenverhä
resultirende Schwingungsform von Einfluss sind. Die Beobachtung v
dass kleine Phasenverschiebungen der einen Zusammenklang bild
töne keine Veränderung in dem Charakter des Zusammenklangs h
dürfte hiermit nicht im Widerspruch stehen. HELMHOLTZ brach
einzelnen der einen Zusammenklang bildenden Stimmgabelkläng
schiebungen dadurch hervor, dass er entweder die mit den Stim
bundenen Resonanzröhren oder die Stimmgabeln selbst etwa
während die den Grundton angebende Gabel, welche die so ver
elektrisch erregte, immer auf gleicher Stimmung blieb[1]. Nun be
den auf solche Weise verstimmten Gabeln, dass sie nicht mehr
sondern intermittirend schwingen, indem der Ton fortwäh



1) HELMHOLTZ, Tonempfindungen, 4. Aufl. S. 202.

mt, da er dann am stärksten wird, wenn seine Schwingungsphase mit es Grundtons übereinstimmt, und dann am schwächsten, wenn beide engesetzte Phasen zeigen. Daraus geht aber hervor, dass es auf diesem nicht möglich ist, die Klangform constant zu erhalten. Demnach wird in der Auffassung des Gesammtklangs in diesem Fall wesentlich nur der e Bestandtheil der Erregungsvorgänge in Betracht kommen, nicht aber die hrend wechselnde diffuse Erregung. Hieraus erklärt sich wohl zugleich heinbare Widerspruch zwischen diesen Versuchen von HELMHOLTZ und eobachtungen von KOENIG an der Wellensirene, in denen sich ein deut-, von den Partialtönen unabhängiger Einfluss der durch die Phasen-nz hervorzubringenden Unterschiede der Wellenform auf die Klangfarbe stellte[1]). Bei der Wellensirene, wo durch directes Anblasen der aus ausgeschnittenen Wellencurven die Klänge erzeugt werden, sind natürlich edingungen für eine absolute Constanz der Schwingungsform in ganz r Weise vorhanden als bei der künstlichen Zusammensetzung aus ein- Tönen.

bweichend von den beim Einzelklang gegebenen Bedingungen verhält ie Vorstellung des Zusammenklangs. Insoweit nicht durch Combina-ne eine Annäherung an den Einzelklang herbeiführt wird, auf die wir zurückkommen werden, liegen hier Motive der Klangeinheit in den menfallenden, der Klangverschiedenheit in den nicht zusammen-len Partialtönen. Die Empfindung der Klangeinheit überwiegt, wenn die nstimmenden Partialtöne das Uebergewicht haben und daher vorzugsweise werden. Zugleich bildet aber ihr Verhältniss zu den Grund-n einen Hauptfactor für die Bestimmung des musikalischen Charakters der de; ein zweiter liegt in den Nebenintervallen, die durch die Ver-sse einzelner Partialtöne zu einander entstehen, und unter denen wieder erhältnisse der dominirenden Obertöne eine Hauptrolle spielen. Für die accorde Quinte, Quarte, Gr. Terz, Kl. Terz, Gr. Sexte, Kl. Sexte übersieht lies aus der folgenden Uebersicht:

	Grundtöne:	Obertöne:
Quinte	$c : g$	$c^1\ \underline{g^1}\ c^2\ d^2\ e^2\ \underline{g^2}\ b^2\ h^2$
Quarte	$c : f$	$c^1\ f^1\ g^1\ \underline{c^2}\ e^2\ f^2\ g^2\ a^2$
Große Terz	$c : e$	$c^1\ e^1\ g^1\ h^1\ c^2\ \underline{e^2}\ g^2\ ges^2$
Kleine Terz	$c : es$	$c^1\ es^1\ g^1\ b^1\ c^2\ es^2\ e^2\ \underline{g^2}$
Große Sexte	$c : a$	$c^1\ g^1\ a^1\ c^2\ \underline{e^2}\ g^2\ a^2\ b^2$
Kleine Sexte	$c : as$	$c^1\ g^1\ as^1\ c^2\ es^2\ e^2\ g^2\ \underline{c^3}$

bertöne sind bis zum 8ten angegeben, ausgenommen beim letzten Intervall, att des 8ten der 10te genommen wurde, weil er ein Coincidenzton ist. usammenfallenden Partialtöne sind unterstrichen. In Bezug auf das Ver-ss dieser zu den Grundklängen zerfallen die angeführten Intervalle in Gruppen: bei der ersten (Quinte und gr. Terz) ist der dominirende Par- eine Octavwiederholung des zweiten Tons; bei der Quarte und kl. Sexte

KOENIG, Expériences d'Acoustique, p. 222.

ist er eine Octavwiederholung des ersten Tons, doch liegt er
Intervall sehr hoch, um eine 3fache Octave entfernt; bei der
gr. Sexte stimmen die dominirenden Obertöne mit keinem der Grun
Man überzeugt sich bei wechselnder Verstärkung der Partialtöne
der Charakter der Quinte vorzugsweise von dem dominirenden g
noch von den Accordbestandtheilen g^2 c^2 (Quarte), c^1 e^2 (gr. Te
(kl. Terz) bestimmt wird. Je mehr die Quintwiederholungen c^1 g^1
wiegen, um so leerer klingt die Quinte; je stärker die höheren Terz
um so harmonischer erscheint sie. Der Unterschied der großen
Terz wird hauptsächlich dadurch bestimmt, dass bei der erster
nirende Oberton eine Wiederholung des höheren Grundtons ist, w
der zweiten nicht den Grundtönen selbst angehört, sondern den
selben zur Quinte ergänzt. In Bezug auf die Accordbestandtheile i
sind beide Intervalle sehr gleichförmig aufgebaut, da bei ihnen
folgen, gr. Terz—kl. Terz im einen, kl. Terz—gr. Terz im andern
überwiegen. Dass der dominirende Oberton der Quarte Octavwie
tieferen, nicht des höheren Grundtons ist, bedingt hauptsächlich i
denen Klangcharakter gegenüber der Quinte und gr. Terz. Die Qua
daher dem Quintcharakter, wenn man statt des c^2 das f^2 verstärkt
sich die Quinte und große Terz umgekehrt in ihrem Klangcharakt
nähern, wenn man statt des g^1, g^2 und c^2 beide Male das c^2 v
Nebenintervalle wirken, abgesehen von den Quartwiederholungen
namentlich die Quinten (c^1 g^1, c^2 g^2), und Terzen (c^2 e^2, e^2 g^2,
große Sexte hat einen mit keinem der Grundtöne übereinstimm
nirenden Oberton. Wie bei der kleinen Terz dieser Oberton
ergänzung des tieferen, so bildet derselbe aber bei der Sexte eine Q
des höheren der beiden Grundtöne (c a e^2); auch als Nebeninte
neben den Sextwiederholungen die Quinten vor (c^1 g^1, a^1 e^2, c^2
erscheint das Intervall nach seinem Klangcharakter als eine mind
Nachbildung der Quinte. Im übrigen aber zeichnen sich die
durch ihre große und darum unübersehbare Zahl von Nebeninterva
Quarten und Terzen) aus, durch die sie in einen starken Geg
auch in dieser Beziehung so viel regelmäßiger aufgebauten vo
Intervallen treten. Diese Eigenschaft verleiht ihnen einen Chara
scher Unbestimmtheit, durch den sie sich ebenso sehr von den s
nischen, wie von den vollkommen disharmonischen Intervallen
Experimentell prägt sich dies darin aus, dass man durch will
stärkung einzelner der Nebenintervalle ihren Charakter bald diese
einfacheren Grundintervall ähnlich gestalten kann.

In dem hier erörterten Einfluss der Nebenintervalle ist zuglei
lage gegeben für das nähere Verständniss jener früher (I, S. 447,
besprochenen Unterschiede der Klangfärbung der Einzelklä
musikalische Klangquellen je nach der verschiedenen Beschaffen
den Einzeltönen sich verbindenden Obertöne auszeichnet. Die
Ausdrücke, mit denen man die Klangfärbung verschiedener In
schildern pflegt, sind nicht nur an sich wenig bezeichnend, sond
auch die Ursachen dieser besonderen Wirkung des Einzelklanges
gestellt. Diese Ursachen können aber nur mit denen der Wir
sammenklangs übereinstimmend sein, wie daraus hervorgeht, da

r Klangfärbungen denjenigen bestimmter Zusammenklänge unmittelbar
dt erscheinen. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse bedient man sich
eckmäßigsten des APPUNN'schen Obertöneapparates. In seiner äußeren
tung gleicht derselbe vollständig den in Fig. 128 (I, S. 431) beschrie-
Tonmessern, die abgestimmten Zungen entsprechen aber genau einem
on mit seinen Obertönen: die größeren Apparate enthalten das *C* von
w. mit seinen 64, die kleineren das *C* von 64 Schw. mit seinen 32
nen. An dem Obertöneapparat können Klangfärbungen willkürlich her-
racht, verstärkt oder modificirt werden, je nachdem man in wechselnder
Obertöne zu einem bestimmten Grundton hinzufügt. Hierbei wirken nun
e hinzutretenden Obertöne offenbar genau in derselben Weise wie bei der
lung mit bestimmten Zusammenklängen. So verdankt denn auch sichtlich
in Klang mit der vollen Obertonreihe 2, 3, 4, 5, 6 . . . seine harmo-
Fülle wesentlich den in ihm annähernd gleichmässig vertretenen harmo-
Obertonintervallen der Quinte, Quarte und der beiden Terzen. Klänge,
ejenigen gezupfter Saiten, in denen vorzugsweise die geradzahligen Par-
2, 4, 6, 8 . . . vertreten sind, lassen die Leerheit des reinen Octaven-
intenschrittes ihrer Nebentöne nicht verkennen, während dagegen die durch
geradzahligen Obertöne 3, 5, 7 . . . ausgezeichneten Klänge der Clarinetten,
und Fagotte schon im Einzelklang die grösste Verwandtschaft mit dem
ervall darbieten. Noch fehlt es an einer zureichenden Einzeluntersuchung
strumentalklänge mit Rücksicht auf diese Verwandtschaft mit bestimmten
ischen Zusammenklängen. Auch würde es sich lohnen nachzuweisen,
s musikalische Klanggefühl der Componisten bei der Wahl der Instrumen-
unbewusst von diesen Beziehungen zwischen Klangfärbung und Zusammen-
geleitet wurde.

3. Indirecte Klangverwandtschaft.

on der bisher betrachteten directen Verwandtschaft verschiedener
lässt sich die **indirecte Verwandtschaft** als diejenige unter-
en, welche in der Beziehung zu einem **gemeinsamen Grund-**
begründet ist. Indirect verwandt nennen wir nämlich solche Einzel-
, in denen Bestandtheile enthalten sind, die einem und demselben
Einzelklang angehören können (S. 52). Die indirecte Verwandtschaft
vorhanden sein, auch wenn die directe fehlt oder schwach ausge-
ist, da die letztere die Existenz deutlich empfindbarer Obertöne zu
Voraussetzung hat. Dagegen ist die directe ihrerseits immer auch
directer Verwandtschaft verbunden. Denn **nach den allgemeinen**
zen der Klangerzeugung und Klangempfindung bilden
bereinstimmenden Obertöne verwandter Klänge zugleich
töne eines tieferen Klangs, welcher demnach als ihr
insamer Grundklang betrachtet werden kann. Dieser Satz
unmittelbar einleuchtend, wenn man erwägt, dass directe Verwandt-

schaft nur existirt, wenn das Schwingungsverhältniss der
kleine ganze Zahlen ausgedrückt wird, und dass die Schwi
der in einem Klang enthaltenen Partialtöne die Reihe der g
bilden, wobei die Einheit die Schwingungszahl des Grundton
In der Quinte 2 : 3 sind also zunächst die Grundtöne eines j
die nächsten Obertöne eines tieferen Klanges von der Schwi
Weiterhin sind aber auch die höheren Partialtöne 4, 6, 8 . .
12 . . . . Obertöne des nämlichen Grundklanges. Ebenso hat fü
Intervalle, sobald man dieselben in den einfachsten ganzen
drückt, der Grundklang, in welchem alle Partialtöne der b
als höhere Obertöne enthalten sind, die Schwingungszahl 1.

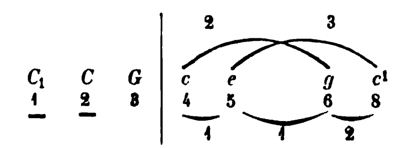
Man bemerkt nun sogleich, dass bei Klängen mit normal
Obertönen der Grad der indirecten zu dem der directen V
in einer höchst einfachen Beziehung steht. Es wird nämlich
Verwandtschaft um so größer sein, je näher der Grundklang
Klängen, die als seine Bestandtheile angesehen werden k
Denn da die Stärke der Partialtöne im allgemeinen mit ste
nungszahl abnimmt, so werden die Klänge um so vollstän
standtheile eines solchen gemeinsamen Grundklanges aufge
können, je nähere Partialtöne desselben sie sind. So fällt
Fällen, in denen die directe Verwandtschaft auf einer bloßen
gewisser Partialtöne des einen Einzelklangs durch die des
gleichzeitige Verschiedenheit anderer Partialtöne, beruht, wi
Duodecime, Doppeloctave u. s. w., auch in Bezug auf indirec
schaft der gemeinsame Grundklang unmittelbar mit dem tief
den Töne oder mit einem seiner Obertöne zusammen. Darum
indirecter Verwandtschaft nicht eigentlich die Rede sein.
Klang ist ein Bestandtheil des tieferen, beide sind nicht e
und demselben dritten Klange enthalten. Auch in dieser B
sitzen also jene einfachsten Intervalle, wenn die Töne gleichzei
werden, vielmehr den Charakter von Einzelklängen als vo
Zweiklängen. Die im engeren Sinne verwandten Intervalle
dann in derselben Reihenfolge an einander, wie nach ihrer
wandtschaft, wie die folgende kleine Tabelle zeigt, welche
Intervalle den Grundklang und dessen Entfernung angibt.

Intervall	Grundklang	Entfernung desselben nac vom tieferen	vom
Quinte ($C : G$)	C_1	Octave	D
Quarte ($C : F$)	F_2	Duodecime	Do
Große Sexte ($C : A$). . . .	F_2	Duodecime	Doppelo
Große Terz ($C : E$). . . .	C_2	Doppeloctave	Doppelo
Kleine Terz ($C : Es$) . . .	As_3	Doppeloctave und Terz	Doppelo

So lange nun verschiedene Klänge nur in ihrer Aufeinanderfolge
·ken, ist allein die Beziehung durch directe Verwandtschaft unmittel-
urch die im Wechsel dauernden Coincidenztöne in der Empfindung
en. Die indirecte Verwandtschaft kann hier nur in der Form einer
:iativen Beziehung vorhanden sein, vermöge deren Töne, die fort-
nd als zusammengehörige Elemente eines Einzelklangs empfunden
n, auch dann, wenn sie successiv auftreten, auf den herrschenden Be-
heil jenes Einzelklangs, den Grundton, zurückbezogen werden können.
s verhält sich dies beim harmonischen Zusammenklang. Während
bei ihm die Coincidenztöne in stärkere und darum charakteristische
dbestandtheile umwandeln, werden zugleich die Grundklänge zu
chen Bestandtheilen der Empfindung. In Folge des Zusammentreffens
onwellen entstehen nämlich Differenztöne, unter denen der erste,
nige, dessen Schwingungszahl der Differenz der beiden Klänge ent-
t, am stärksten ist. Wie diese Differenztöne physiologisch entstehen,
Combinations- oder Stoßtöne oder Mischungen aus beiden sind[1]),
erbei selbstverständlich für die Wirkungen des Zusammenklangs
gültig. Stets fällt aber der Differenzton bei solchen Intervallen, deren
ngungszahlen um eine Einheit verschieden sind, mit dem Grund-
g zusammen: dieser wird also beim Zusammenklang selbst gehört,
ss die Bestandtheile der beiden Klänge unmittelbar als die Verstär-
n höherer Partialtöne desselben aufgefasst werden können. Je näher
der Differenzton den direct angegebenen Klängen liegt, um so mehr
t der Zusammenklang qualitativ einem vollständigen Einzelklang. Ent-
er sich weiter, so bleibt zwischen ihm und dem angestimmten Inter-
in größerer Zwischenraum unausgefüllt, der gerade solchen Partial-
entspricht, die in einem vollständigen Klang sehr deutlich zu hören
hier bildet daher der Differenzton mit den direct angegebenen Klängen
nvollkommenere Klangeinheit. So hat die Quinte 2 : 3 den Differenz-
: sie bildet mit ihm zusammen die drei tiefsten Partialtöne eines
ändigen Klanges. Dagegen fällt schon bei der Quarte, welche mit
Differenzton den Dreiklang 1 : 3 : 4 bildet, der 2te Partialton aus;
er großen Terz (1 : 4 : 5) ist dasselbe mit dem 2ten und 3ten, bei
leinen Terz (1 : 5 : 6) sogar mit dem 2ten, 3ten und 4ten Partial-
er Fall. Demnach ist bei der Quinte die indirecte Klangverwandt-
am größten: im Zusammenklang ist sie die getreue Nachbildung
vollständigen Klangs, nur dadurch von diesem verschieden, dass der
dton geschwächt, und dass die zwei ersten Partialtöne verstärkt sind.
gen wird bei der Quarte, der großen und kleinen Terz die Verwandt-

[1]) Vgl. I, S. 465, 471 ff.

schaft eine unvollkommenere. Indem aber in der Musik di
die Quinte ergänzt, erzeugt sie, wie wir unten sehen wer
zusammen eine vollkommenere Nachbildung des vollständigen
Quarte und kleine Terz sind in gewissem Sinne Umkehrung
und großen Terz. Nimmt man nämlich statt des tieferen To
dessen höhere Octave, so bildet das neu entstehende Interv
Quinte: man kann daher auch die Quarte als eine Quint
deren höherer Ton um eine Octave vertieft ist. Ergänzt m
Quinte durch die große Terz, so entsprechen dem hierdurch
Dreiklang die Schwingungsverhältnisse 4 : 5 : 6, indem 4 :
4 : 5 die große Terz bildet; das übrig bleibende Intervall
eine kleine Terz. Die letztere ergänzt so in ähnlicher We
Terz zur Quinte, wie diese durch die Quarte zur Octave
Durch das Zusammenwirken dieser Intervalle in mehrstimmi
kann daher eine Reihe tiefer liegender Grundklänge theils
regt werden, theils aber auch direct entstehen, infolge der
Differenztönen, auf denen die unmittelbaren Accordbestandth
hörige Elemente der nämlichen Klangeinheit sich aufbauen. S
dem durch die Quartergänzung der Quinte aus dem Dreikla
den Vierklang *cegc*[1] folgende Grundklänge:



Mit dieser Ergänzung entspricht also der Accord in seine
Zusammensetzung aus elementaren Tonempfindungen vollst
Klang C_1 mit seinen Obertönen. Aber während im Einzelkla
Ton dominirt, herrschen im Accord bestimmte höhere Tö
Grundklänge werden nur schwach mitgehört, und in der Klan
sie sogar nur die associativen Beziehungspunkte der direct g
Diesem Unterschied in dem Intensitätsverhältniss der Klang
entspricht ein analoger der zusammengesetzten Klangform.
als Grundklang wirkenden Differenzton und dessen harmonis
wird auch bei dem Zusammenklang eine einheitliche Schwing
zeugt. Indem aber diese gegenüber den Schwingungsforme
eingehenden Einzelklänge nur schwach angedeutet ist, kann
der Empfindung nur schwach sich ausprägen. Immerhin
die Vorstellung der Klangeinheit bei den harmonischen Zusa
in gewissem Grade unterstützt werden.

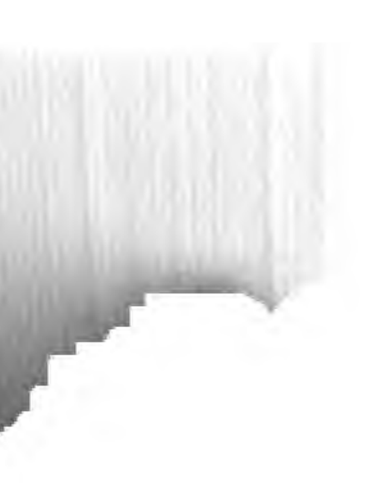
ei den Intervallen, deren Grundklang eine tiefere Octave des tieferen
eiden directen Klänge ist, also bei Quinte und großer Terz, ist die
te Verwandtschaft der Klänge am deutlichsten ausgeprägt, theils
ie associative Erregung eines tieferen Octaventons wegen der Klang-
der Octaven viel leichter geschieht als die eines andern Intervalls,
weil aus ähnlichem Grunde beim Zusammenklang der Grundklang
her empfunden wird. Ungünstiger verhält sich in dieser Beziehung
die Quarte, welche auch darin als die Umkehrung der Quinte er-
t, dass bei ihr nicht der tiefere, sondern der höhere der beiden
eine Octavenversetzung des Grundklangs ist. Noch mehr trübt
iese Beziehung zum Grundklang bei der kleinen Terz sowie bei den-
Intervallen, deren einfachste Schwingungszahlen um mehr als
Einheit verschieden sind. Hierher gehören die große Sexte (3 : 5),
eine Sexte (5 : 8), kleine Septime (5 : 9) u. s. w. Bei der großen Sext
Grundklang die tiefere Quinte, bei der kleinen Septime die große Terz,
r kleinen Sexte ist er die tiefere große Sexte des ersten Klangs. Der
klang kann hier bei der Klangfolge immer erst unter Mithülfe anderer
alle associativ erregt werden, und beim Zusammenklang könnte er
ens als Differenzton höherer Ordnung entstehen. Als solcher ist er
u schwach, um auf die Empfindung einen Einfluss zu gewinnen[1].
irecte und indirecte Klangverwandtschaft treffen nicht nur immer
men, sondern es sind auch je zwei Klänge sowohl direct als indirect
im gleichen Grade verwandt. Offenbar nämlich werden wir
ß der directen Verwandtschaft die Entfernung des ersten gemein-
Obertons, als Maß der indirecten die Entfernung des gemein-
Grundtons, der beim Zusammenklang als Differenzton erster oder
r Ordnung zu hören ist, benützen können. Nun ergibt sich aus der
55 mitgetheilten Tabelle, dass z. B. bei der Quinte der nächste
menfallende Oberton der 3te Partialton, also die Duodecime, des
und der 2te, also die Octave, des zweiten Klangs ist. Nach der
Tafel auf S. 64 liegt aber der Grundklang der Quinte eine Octave
dem tieferen, eine Duodecime unter dem höheren Ton. Das ähn-
Verhältniss stellt sich in Bezug auf die übrigen Intervalle heraus.
gemeinsame Grundton liegt bei allen Intervallen ebenso
von dem tieferen wie der gemeinsame Oberton von dem
ren der beiden Klänge entfernt. Aber während der letztere
gehört wird, ob man nun die Klänge gleichzeitig oder successiv

[1] Bei der kleinen Terz, großen Sexte und kleinen Septime ist dies z. B. ein Dif-
on zweiter Ordnung, weil hier Quinte und große Terz als Differenztöne erster
g vorkommen; bei der kleinen Sexte, deren Differenzton die große Sexte ist,
aber erst ein Differenzton dritter Ordnung mit dem Grundklang überein.

angibt, kann der erstere nur beim Zusammenklang zu ein
Bestandtheil der Empfindung werden.

Weniger einfach gestaltet sich die Beziehung der beid
Klangverwandtschaft, wenn statt zweier Klänge drei oder
einander in Verbindung treten, was abermals entweder in
Aufeinanderfolge oder des Zusammenklangs geschehen kan
der directen Verwandtschaft wird auch hier durch diejenig
bestimmt, welche den mit einander verbundenen Klängen ge
Die Zahl dieser für alle Klänge identischen Partialtöne nimmt
der Zahl der verbundenen Klänge ab, dagegen werden di
ihre mehrfache Häufung weit stärker gehoben. Aehnlich v
mit dem gemeinsamen Grundton. Dieser drängt sich bei mehrf
intensiver zur Auffassung und erscheint darum deutlicher
der ganzen Klangmasse. Hierzu ist jedoch unerlässliche Be
der Grundton den zusammenwirkenden Klängen hinreichen
um mit ihnen eine Klangeinheit bilden zu können.

Die mehrfachen Klangverbindungen unterscheiden sich v
klang wesentlich dadurch, dass bei ihnen der gemeinsame
Oberton nicht mehr gleich weit von den direct angegebenen
fernt sind. Bei den einen ist der erste, bei den andern d
nähere. Dies ist der wesentliche Unterschied der Dur- u
corde in der Musik. Zugleich klingt bei den Duraccorde
same Grundton in dem Zusammenklang als unmittelbarer D
und bildet zusammen mit den Haupttönen des Accords
Klangeinheit. Bei den Mollaccorden tritt er nur als ein Differe
Ordnung auf, der eine weit geringere Intensität besitzt, übe
keinem der Haupttöne übereinstimmt. Beispielsweise möge
und der *C*-Mollaccord in ihre Klangbestandtheile zergliedert
Haupttöne des ersteren sind $c : e : g$ mit den Schwingungsza
Der gemeinsame Grundton 1 ist das 2 Octaven unter *c* liegen
als gleichzeitiger Differenzton von $c : e$ und $e : g$ deutlich d
gleitet; nebenbei wird schwächer der Differenzton *C* gehört
Quinte (4 : 6) entspricht. Da die Obertöne eines jeden Klan
fache seiner Schwingungszahl ausgedrückt werden, so mu
erste gemeinsame Oberton einem Vielfachen der Schwingu
jeden der drei Töne entsprechen, d. h. diese Zahl muss dur
theilbar sein. Hieraus folgt, dass der übereinstimmende
Schwingungszahl 60 hat. Es ist dies der 10te Partialton d
3 Octaven und eine Terz von ihm entfernte h^3. Für d
$c : es : g$ ist 10 : 12 : 15 das einfachste Verhältniss der Schwi
Sein gemeinsamer Grundton ist wieder 1, d. h. derjenige



10ter Partialton c ist. Dies ist das 3 Octaven und eine Terz unter c
de As_3, welches zu keinem der Intervalle Differenzton erster Ord-
ist und beim Anstimmen des Accords nur bei höherer Lage der
en Töne gehört wird. Die hörbaren Differenztöne haben die Zahlen 2,
5, sie sind As_2, Es_1 und C; sie coincidiren nicht, keiner ist daher
meinsamer Bestandtheil der ganzen Klangverbindung ausgezeichnet,
ur der zweite und dritte wiederholen sich im Accord als höhere
n. Der erste übereinstimmende Oberton des Mollaccords hat wieder
chwingungszahl 60, er ist der 4te Partialton oder die 2te Octave
ones g, das g^2. In der That hört man beim Anschlagen des C-Moll-
s dieses g^2 deutlich mitklingen, während der identische Partialton
-Duraccords wegen seiner hohen Ordnungszahl kaum mehr wahrge-
en werden kann. Beide Zusammenklänge unterscheiden sich also
ch, dass die Töne des Duraccords als Bestandtheile eines einzigen
klangs erscheinen, die des Mollaccords unmittelbar einen hohen ge-
amen Partialton haben. Beide Zusammenklänge ergänzen sich außer-
indem der gemeinsame Grundton des Duraccords ebenso weit unter
iefsten Hauptton wie der gemeinsame Oberton des Mollaccords über
höchsten Hauptton des Zusammenklangs liegt. Jene Gleichheit der
z von Grund- und Oberton, welche den einzelnen Zweiklang aus-
et, vertheilt sich also auf zweierlei Dreiklänge. Hierin liegt zugleich
estimmte Hindeutung, dass die Unterschiede von Dur und Moll nicht
rlich erfunden, sondern in der Beschaffenheit unserer Klangauffassung
gesetzlich begründet sind. Neben der Charakteristik, die den ver-
lenen Dreiklängen theils durch die Beziehung auf übereinstimmende
lklänge, theils durch den gemeinsamen Partialton ihrer Intervalle
mt, sind aber natürlich in nicht geringerem Maße auch noch alle
igen Momente directer und indirecter Verwandtschaft in Betracht zu
, die wir oben für die in sie eingehenden Zweiklänge bestimmend
den haben.

us den Stammaccorden der Dur- und Molltonart entspringen abgeleitete
änge, wenn man zuerst die Reihenfolge der drei Klänge verändert und
die so entstandenen zwei Intervalle wieder auf den nämlichen Grundton
bezieht. Durch solche Umlagerung werden aus den Dreiklängen $c : e : g$
: es : g die folgenden vier weiteren Accorde gewonnen;

$$3)\ e : g : c^1 = c : es : as\ \big(\overbrace{\underbrace{5 : 6}_{\text{Kl. Terz}} : \underbrace{\ \ 8}_{\text{Quarte}}}^{\text{Kl. Sexte}}\big)$$

$$4)\quad es : g : c^1 = c : e : a \quad \overbrace{(\underbrace{12 : 15}_{\text{Gr. Terz}} : \underbrace{20)}_{\text{Quarte}}}^{\text{Gr. Sexte}}$$

$$5)\quad g : c^1 : e^1 = c : f : a \quad \overbrace{(\underbrace{6 : 8}_{\text{Quarte}} : \underbrace{10)}_{\text{Gr. Terz}}}^{\text{Gr. Sexte}}$$

$$6)\quad g : c^1 : es^1 = c : f : as \quad \overbrace{(\underbrace{15 : 20}_{\text{Quarte}} : \underbrace{24)}_{\text{Kl. Terz}}}^{\text{Kl. Sexte}}$$

3 und 5 sind Umlagerungen des Dur-, 4 und 6 solche d
In jedem dieser Accorde ist nur eine große oder kleine Terz
andere ist durch eine Quarte, die Quinte durch eine große od
ersetzt. In Folge dessen ändern sich die Grade der directen
Klangverwandtschaft. Nur der Accord 5 hat einen Grundton
zugleich gemeinsamer Differenzton erster Ordnung für die b
$g : c^1$ und $c^1 : e^1$ ist: er ist die tiefere Duodecime des ersten To
Lage $g : c^1 : e^1$ der Ton B, der, wie im Stammaccord, 2 Octaven u
angegebenen c^1 liegt; außerdem klingt c $(= 4)$ als weiterer K
mit. Der Accord 3 hat die einzelnen Untertöne $C_1 = 1$, $C =$
welche sämmtlich wieder harmonische Bestandtheile des Acco
dass jedoch, wie im vorigen Fall, zwei derselben coincidiren.
gehören $Es_1 = 3$, $C = 5$ und $B = 8$, von denen nur die bei
gleich harmonische Grundtöne sind. Zum Accord 6 gehören
$As_1 = 4$ und $B = 9$, von denen nur C zum ursprünglichen Kl
ist, während As_1 und B fremdartige Bestandtheile sind. Demn
den Duraccorden 3 und 5 lauter Untertöne, in denen sich The
in tieferer Lage wiederholen; unter ihnen steht aber der Dre
dem Stammaccord am nächsten, weil auch er bloß tiefere C's z
hat, darunter eines, welches coincidirender Differenzton und zu
der ganzen Klangmasse ist. Bei den Mollaccorden stimmt nur
Grundklänge mit den ursprünglichen Accordbestandtheilen übere
hält es sich mit den höheren Partialtönen der einzelnen Kläng
wieder die übereinstimmenden Obertöne bei den aus dem Stamma
tonart hervorgegangenen Dreiklängen 4 und 6 den Grundtönen
näher als bei den Duraccorden 3 und 5, bei denen sie völlig
reich der deutlichen Wahrnehmbarkeit fallen. Bei den Accorden
cidirt nämlich erst ein Oberton von der Schwingungszahl 120,
15., bei 5 der 12. Partialton des höchsten Klangs. Der Accord
einen übereinstimmenden Oberton von der Schwingungszahl 6
3te Partialton, der Accord 6 einen solchen von der Schwingungsza
der 5te Partialton des höchsten der drei Klänge ist. Auch ist
same Oberton nur bei den Mollaccorden die Wiederholung eines
Klangbestandtheils in höherer Lage: beim Accord $es : g : c^1$ ist
wie im Stammaccord, bei $g : c^1 : es^1$ dessen höhere Octave g^3.
der Accord 4 dem Moll-Stammaccord am nächsten, ähnlich w
Stammaccord.



Auch zur Untersuchung der Zusammenklänge, namentlich des Einflusses verschiedenen Klangbestandtheile derselben auf ihren psychologischen und tischen Charakter kann man sich des oben (S. 54 Anm. 1) erwähnten Oberpparates bedienen. Noch zweckmäßiger ist aber ein eigens hierzu nach elben Princip gebauter Accordapparat. Ich habe einen solchen von n A. Appunn erbauen lassen. Er enthält den C-Dur- und C-Mollaccord den zugehörigen Differenztönen und den 6 ersten Obertönen eines jeden s, außerdem noch einige für das Studium einiger anderer Accorde chenswerthe Töne, sämmtlich in Zungenpfeifen. An diesem Apparat, der lich ebenfalls dem in Fig. 125 Bd. I. S. 461 abgebildeten Tonmesser gleicht, n sich alle Fundamentalversuche über die Accorde leicht ausführen.

'heorie der Klangverbindungen. Consonanz und Harmonie.

Die Klänge und Zusammenklänge sind in Bezug auf ihre qualitative Zunensetzung Verbindungen von verwandter Beschaffenheit, die sich aber rch unterscheiden, dass die einzelnen Klangbestandtheile in dem Einang weit fester als in dem Zusammenklang an einander gebunden Bezeichnen wir, dem bei der Analyse der Tastvorstellungen einrten Sinne entsprechend, alle solche Verbindungen elementarer Emungen, in welchen die einzelnen Bestandtheile nicht oder nur unter nderen Bedingungen der Aufmerksamkeit gesondert unterschieden len, als Verschmelzungen, so besitzen nur die Einzelklänge vollig den Charakter von Tonverschmelzungen, die Zusammenklänge dan sind losere Associationen, die in der Regel nur in einzelnen ihrer ndtheile, namentlich dann wenn die Qualität des Zusammenklangs eines bestimmten Einzelklangs nahe kommt, den Verschmelzungen ch werden (vgl. oben S. 55). Hiernach kann man auch die Einzelge als vollständige, die Zusammenklänge aber als unvollständige erschmelzungen bezeichnen. Nimmt man an, wie dies verschiedene r erörterte Erscheinungen nahe legen[1]), dass neben der electiven eine se Erregung des Hörnerven durch Klangwellen existirt, so lässt sich eser zugleich eine physiologische Grundlage für die einheitliche Befenheit der Klangvorstellung vermuthen. Aber eine zureichende ologische Erklärung derselben ist damit noch nicht gegeben, da erhin die einzelnen Tonempfindungen in Folge der Function des elec- Apparates existiren und demnach auch die zur Klangfärbung mitenden Partialtöne, sobald sich die Aufmerksamkeit auf sie richtet, schieden werden können. Das Problem, warum gleichwohl eine Verschmelzung eintritt, bleibt also um so mehr bestehen, als diese

[1]) Vgl. I, S. 313, 477 f.

zur Klangfärbung beitragenden Partialtöne unter Umständen
liche Intensität gewinnen können. Wollte man zur Lösung di
etwa ein specifisches »Verschmelzungsgesetz« der Töne annehm
dies ebenso verfehlt sein, als wenn man zu eigens für diese
handenen specifischen »Synergien« im Hörcentrum seine Zufl
Sind doch solche Hypothesen nichts als Worte für die Tha
wobei überdies bei den angenommenen »Synergien« auch
räthselhaft bleibt, warum diese bei den Theilklängen eines Zus
weniger wirksam sein sollen als bei den Theiltönen eines
Wohl aber erklären sich diese Unterschiede vollständig aus dem
ciationen sich bewährenden Satze: die Verbindungen v
lungselementen sind um so fester, je constanter sie
überhaupt die Elemente einer Verbindung unterschieden we
müssen sie in gewissen Fällen getrennt von einander vorkom
unzerlegbar sind daher die Verschmelzungsproducte der Tonem
Einzelklängen nicht; denn auch die höheren Partialtöne dieser
Grundtöne selbständiger Einzelklänge geläufig. Eben deshal
möglich, aus dem Klang einzelne Tonbestandtheile herauszuhö
ist der Einzelklang insofern eine constante Vorstellungseinhei
einer einheitlichen Klangquelle, z. B. von einer schwingender
bran, Luftsäule u. s. w., herrührend, sobald er durch dies
erzeugt wird, niemals sich zeitlich oder räumlich in ei
oder in ein Nebeneinander einzelner Empfindungen zerleg
die verschmelzende Kraft dieser in Folge ihrer äußeren Ents
gungen untrennbaren Associationen ist, das lehrt augenschein
Verbindung, welche gewisse Geschmacks- mit Geruchsempfi
geben. Obgleich im allgemeinen eine Complication dispa
dungen wegen der Vertheilung an verschiedene Sinne ein
Verbindung ist, als die Association gleichartiger Empfindunge
die räumliche Nähe der Sinnesorgane und das regelmäßig
fallen gewisser Reizeinwirkungen in diesem Falle Verbi
zeugen können, die wir unter gewöhnlichen Bedingungen
bare Vorstellungseinheiten auffassen. Ist aber hier immerh
künstliche Ausschließung des einen der Sinnesorgane eine



1) So STUMPF, Tonpsychologie, II, S. 214.

2) Zwar hat STUMPF, der den Ausdruck »Tonverschmelzung« unt
den Einzelklang wie für Zusammenklänge anwendet, bei den letzteren
den »Grad der Verschmelzung« der einzelnen Tonintervalle bei Unm
gestellt (Tonpsychologie, II, S. 142, 155 ff.). Diese Versuche sind aber
Abgesehen von den großen Mängeln der Methode und von dem Umstand
Fall Beobachtungen an ungeübten Personen unzulässig sind, leiden sie
stand, dass sie nur an zusammengesetzten Klängen, nicht aber an e
angestellt wurden.

ng möglich, so fehlt es an einer solchen nothwendig, wenn, wie
Gehörssinn die complexe Reizeinwirkung niemals anders als dadurch,
man statt der gegebenen Reizquelle überhaupt eine ganz andere
in ihre Bestandtheile getrennt werden kann. Hierin liegt aber zu-
der Unterschied des Einzelklangs von dem Zusammenklang. Ein
mter Orgelklang von der Tonhöhe *c* ist für dieses Instrument eine
nte, d. h. zeitlich und räumlich untheilbare Größe; aber ein Accord
g ist deshalb ein inconstantes Ganzes, weil jeder der in ihn ein-
len Einzelklänge bald isolirt bald in andern Klangverbindungen vor-
en kann, so dass die Vorstellungseinheit als eine relativ veränder-
erscheint, die fort und fort anderen Verbindungen, in denen die
hen Bestandtheile in veränderter Vertheilung vorkommen, Platz macht.
ie so durch die Qualität und Intensität der Empfindungselemente
eits, durch die zeitliche Constanz oder Inconstanz der Associationen
eits bestimmten Producte der vollständigen wie der unvollständigen
schmelzung sind in dieser ihrer Zusa mensetzung ebenso unab-
von den Functionen der Aufmerksamkeit wie irgend eine isolirt
mende Empfindung. Dagegen kann die Aufmerksamkeit, wie bei
zusammengesetzten Bewusstseinsinhalt, bald diesen bald jenen Be-
heil zu klarerer Vorstellung bringen. Da aber hier wie überall
arheit oder Dunkelheit einer Empfindung etwas von deren Stärke
Qualität verschiedenes ist, so wird dadurch auch an der Qualität
ntensität des Vorstellungsganzen nicht das geringste geändert.
unsere Aufmerksamkeit successiv über die verschiedenen Theil-
eines Klangs oder eines Zusammenklangs wandert, so bleibt die
ärbung des ersteren wie der Klangcharakter des zweiten bestehen.
hält sich daher dieses Heraushören der Theiltöne nicht wesentlich
, als wenn wir z. B. bei einer Succession einzelner Taktschläge bald
sweise auf die zeitliche Geschwindigkeit der Folge bald mehr auf
alität der einzelnen Schläge achten, wo wir ebenfalls die deutliche
llung haben, dass die Gesammtvorstellung beidemal die nämliche
d dass wir eben nur bald die bald jene Eigenschaft des Gesammt-
cks vorzugsweise appercipiren. Bei diesem zu der unverändert
nden Beschaffenheit der Gesammtvorstellung hinzutretenden Wandern
ufmerksamkeit kommt dann aber außerdem deren Eigenschaft zur
g, jeweils nur eine engbegrenzte Anzahl unterscheidbarer Vor-
gsbestandtheile zu umfassen und bei stärkerer Spannung sich auf
. für sich herauszuhebenden Bestandtheil zu concentriren. Bei der
nlichen Auffassung eines Einzelklangs ist es der Grundton, der ver-
seiner überwiegenden Stärke ähnlich die Aufmerksamkeit fesselt,
twa beim Sehen die direct gesehenen Punkte eines Objects. Aber

wie wir hier durch willkürliche Lenkung der Aufmerksa
gesehene Punkte bevorzugen können, so beim Hören des
einen der schwächeren Partialtöne. Dies ist der Vorgang be
lichen, nicht durch künstliche Hülfsmittel unterstützten Klar
ist bei ihr nie zu vergessen, dass sie lediglich ein Aufmerksa
ist, kein Process, durch den, wie etwa bei einer chemische
Gegenstand selber verändert wird. Der Klang behält beim H
einzelnen Theilton ebenso seine Eigenschaften bei, wie ei
bei der Richtung der Aufmerksamkeit auf irgend einen Pu
Wir sind uns dabei stets bewusst, dass die geschehende
eine bloß subjective ist, dass sie jeden Augenblick verändert
und dass daher der auf einen objectiven Eindruck bezog
Vorstellung von ihr unberührt bleibt[1]). Bei den unvolls
schmelzungen des Zusammenklangs verhält sich dies vollko
nur dass hier vermöge der stärkeren Betonung einer gr
von Klängen schon beim gewöhnlichen Hören ein häufigeres
Aufmerksamkeit stattfindet, während zugleich kein einzelne
ausschließlich begünstigt ist. Dieses letztere Moment kann
dieser Form als einer Vielheit zur Einheit verbundener
stützen, der eigentliche Grund derselben liegt aber in den
weichenden Associationsbedingungen.

Mehr den Einzelklängen als den Zusammenklängen entsp
in Bezug auf die Beschaffenheit der bei ihnen vorhandenen
die Geräusche. Ein deutliches Zeugniss dafür sind di
sowie die meisten andern Geräusche, die von einer einheit
quelle ausgehen. Hier ist die Verschmelzung dann am vo
wenn sich die in allen Geräuschen vorhandenen Inter
Schwingungen so rasch folgen, dass sie unhörbar werde
dann aber auch das Geräusch in hohem Grade den Ch
Klangs annehmen, wie dies deutlich die Vocale zeigen, die
als Klänge bezeichnet werden, obgleich theils die im allge
monische Beschaffenheit der charakteristischen Vocaltöne, th
mittirende Form derselben sie in dem, was den Vocalchara
als Geräusche kennzeichnet. Dagegen bilden solche Geräus
verhältnissmäßig langsame Schwebungen oder ein sprungw
der Schwingungsform regelmäßige oder unregelmäßige succ
derungen des Eindrucks hervorbringen, immer nur unvol
schmelzungen. Hier ist dann aber die Bedingung der zeitli
barkeit der Empfindungsbestandtheile nicht mehr erfüllt.

---

1) Vgl. hierzu die Lehre von der Aufmerksamkeit, Abschn. IV, C

heils in den Verhältnissen der vollständigen und unvollständigen
rschmelzung theils in den oben erörterten Eigenschaften der directen
er indirecten Klangverwandtschaft sind die Bedingungen zur näheren
mung zweier Begriffe enthalten, die für die Auffassung musikalischer
: eine große Bedeutung besitzen: der **Consonanz** und der **Har-**
:. Beide werden in der Regel zusammengeworfen, obgleich doch die
 schon Verschiedenheiten andeuten, die in der That auch von einem
en Sprachgefühl festgehalten werden.

er Ausdruck **Consonanz** bezeichnet die Verbindung mehrerer Klänge
ner **Klangeinheit**. Sie ist am vollständigsten, wenn zwei Klänge
tiv ganz und gar übereinstimmen, also beim Einklang. Von hier
bertragen wir dann den Begriff der Consonanz auf solche Fälle,
gend welche deutlich hörbare Partialtöne zweier Klänge im Einklang
. Daraus erhellt unmittelbar, dass der Begriff der Consonanz voll-
g mit dem der **directen** Klangverwandtschaft zusammenfällt. Die
nanz ist die Negation dieses Begriffs. Dissonant sind daher Klänge,
ine oder verschwindend wenige Partialtöne gemein haben. Vermöge
edingungen der Klangerzeugung ist die Dissonanz sehr häufig mit
bungen der Töne verbunden. Aber nothwendig ist diese Verbin-
nicht. Namentlich bei obertonfreien Klängen ist es leicht, Dissonanz
hörbare Schwebungen zu erzeugen[1]. Anderseits gehören Intervalle
arken Schwebungen nicht unbedingt zu den schärfsten Dissonanzen.
 die große Septime (c : h) ein sehr dissonantes Intervall, obgleich
ertonfreien Klängen und mäßiger Stärke derselben gar keine Schwe-
n wahrzunehmen sind[2]. Die Secunde (c : d) zeigt dagegen in
ren Tonlagen äußerst starke und deutlich wahrnehmbare Schwe-
n; gleichwohl entspricht das Secundenintervall wegen der wenig
iedenen Tonhöhe beider Klänge mehr einem gestörten Einklang als
 ausgeprägten Dissonanz, und dieser Ausdruck der Störung des
ngs wird dann allerdings durch die Schwebungen unterstützt. Auf
Weise bilden die letzteren ein Moment der Klangwirkung, welches
gsweise jene minder ausgeprägten Dissonanzen auszeichnet, deren
kter nicht sowohl in dem vollständigen Auseinanderfallen, das für
ollkommene Dissonanz wesentlich ist, als vielmehr in dem unvoll-
igen Zusammenfallen der Klänge besteht.

m Unterschiede von der Consonanz verstehen wir unter der **Har-**
e eine Uebereinstimmung von Klängen, welche nicht auf der Iden-

[1] Vgl. Cap. IX, I, S. 470.
[2] Erst bei großer Klangstärke werden hier die in Cap. IX (I, S. 468) erwähnten
 Tonstöße hörbar.

tität gemeinsamer Töne beruht, sondern auf einer Beziehung
dener Töne zu einander, die unmittelbar als eine passend
wird. Die Consonanz ist also eine Uebereinstimmung durch
Harmonie ist eine Uebereinstimmung durch verschiedene
sich durch eine bestimmte gesetzmäßige Beziehung verbu
Selbstverständlich kann diese Beziehung nicht auf den object
gungsverhältnissen als solchen sondern nur auf den Tonem
beruhen. Hier ist es aber, abgesehen von der Consonanz,
die Beziehung auf einen gemeinsamen Grundklang, also d
Klangverwandtschaft, die eine solche Beziehung herstellt. De
Einzelklang, bestehend aus einem Grundton und seinen näch
vernehmbaren Obertönen, ist in der That das Grundgebilde,
alle Harmonie der Töne ausgeht. Er ist einerseits in Folge se
fachen Entstehungsweise hinreichend festgewurzelt in unse
sein, anderseits enthält er schon eine Mannigfaltigkeit von T
ihrem Zusammenklang ein elementares Wohlgefallen anrege
einer selbständigen Wiederholung und zu vielfacher Variatio
schiedenen Bestandtheile herausfordern. Auf diese Weise l
harmonischen Tonfolgen sowie die harmonischen Zusamme
Einzelklange ab, indem jene successiv, diese gleichzeitig b
standtheile desselben intensiver zum Bewusstsein bringen.
endeten Harmonie aber verbinden sich beide Momente, inden
im Einzelklang betonten Elemente in den wechselseitigen Be
denen sie zu einander stehen, theils im Accord zur gleichze
bringt, theils in der Aufeinanderfolge der Einzelstimmen und
in die mannigfaltigsten Beziehungen zu einander setzt. Durch
und Dissonanz kann diese Wirkung der Harmonie wesentli
werden: durch die erstere, indem sie gemeinsame Klangbesta
vortreten lässt, durch die letztere, indem sie bestimmten harn
sammenklängen einen für die musikalische Wirkung bedeutsa
verleiht: in ähnlichem Sinne können auch, wenngleich in u
Weise, die Tonstöße hülfreich eingreifen. Aber zur Harmon
ist Consonanz nicht erforderlich. Harmonische Effecte lasse
auch erzeugen, wo die Bedingungen der Consonanz völlig
z. B. mit den fast völlig obertonfreien Klängen von Stim
Lippenpfeifen; ja solche Klangquellen können gerade dadu
die reine Harmonie ohne begleitende Consonanz hervortreten
gewissen Bedingungen große musikalische Wirkungen hervorb
so wird die harmonische Wirkung durch die beim Zusamm
vortretenden Differenztöne, namentlich wenn dieselben mit
klängen übereinstimmen, unterstützt. Doch hat sich die Fe



nischen Tonfolge unabhängig von ihnen vollzogen, und sie sind daher von entscheidender Bedeutung.

ls ein bei der Gestaltung der Harmonie mitwirkendes, wenn auch däres Moment müssen dagegen die von der Tonhöhe bestimmten Maßhungen der Tonempfindungen anerkannt werden. Da wir, wie früher rt, endliche Strecken der Tonlinie abschätzen können, indem wir zwei ken dann als gleich auffassen, wenn die absoluten Unterschiede der ngungszahlen der begrenzenden Töne gleich sind (I, S. 455 ff.), so kann etrische Princip überhaupt erst bei den Intervallen innerhalb einer e in Betracht kommen. Denn zwei aufeinander folgende Octavenen fassen wir nicht als gleich auf, sondern die höhere erscheint rößer. Man kann sich hiervon auch am Klavier überzeugen. Sucht möglichst von der Klangverwandtschaft abstrahirend, zwischen den c und c^2 (2 : 8) die reine Empfindungsmitte, so wird diese nicht den Ton c^1 (= 4), sondern durch dessen große Terz e^1 (= 5) ge-, der absoluten Mitte entsprechend (5 — 2 = 8 — 5). Die Feststellung ctavenintervalls beruht also ausschließlich auf der Klangverwandt-. Der erste Oberton ist allgemein ein so intensiver Bestandtheil länge, dass er sich unmittelbar als der zunächst zum Grundton ge- Ton aufdrängen musste. Auch der zweite Oberton, die Duodecime, ch deutlich genug, dass er, wo er unabhängig gegeben wird, sofort en Grundton zurückbezogen werden kann. Indem aber bei ihm außerseine eigene Octavenverwandtschaft hinzutritt, wird er zur Quinte. fixirt sich nun weiterhin durch das metrische Verhältniss ihres Inter- da sie nach dem vorerwähnten absoluten Maßprincip die genaue ung der Octave ist (2 : 3 : 4). Aehnlich theilt dann wieder die große das Intervall der Quinte in zwei gleiche Hälften (4 : 5 : 6). So sind tervalle der Quinte, der Quarte und der beiden Terzen auch metrisch zugt, während sie zugleich der Tonfolge eine bestimmte Richtung sen. Die Quarte ist die **obere** Ergänzung der Quinte, die kleine die **obere** Ergänzung der großen; dagegen wird die Theilung un-, sobald die Intervallfolge sich umkehrt (3 : 4 : 6 und 10 : 12 : 15). metrischen Beziehungen gehen vollständig den Bedingungen der cten Klangverwandtschaft parallel. Den einfachen Intervalltheilungen rechen Grundklänge, welche ebenfalls in einem einfacheren metri- Verhältniss zu den Tönen selbst stehen und tiefere Octavenverngen derselben, namentlich des Grundtons, bilden. Den weniger chen Intervalltheilungen entsprechen dagegen Grundklänge, die ein er einfaches metrisches Verhältniss darbieten und von den Tönen verschieden sind.

Die Wirkungen musikalischer Klangfolgen und Zusammenklänge werden

nun von allen hier angeführten Bedingungen gleichzeitig be
sonanz, Dissonanz, ferner beim Zusammenklang Schwebung
renztöne, endlich die Harmonie der Tonverbindungen in ih
heit durch Grundklänge und metrische Beziehungen der Int
von Seiten der reinen Tonempfindung diejenigen Element
der Charakter eines Tonstücks sich aufbaut. Die unendliche
keit, die dieser Charakter darbieten kann, macht es begreifli
seine Grundlage keine einfache ist. Alle jene Theorien, welc
der musikalischen Wirkung ausschließlich in einen ihrer
verlegten, konnten eben darum auch ein gewisses Recht fü
spruch nehmen, wenn sie gleich niemals allen Forderunge
vermochten.

Durch diese Erörterungen werden die oben (S. 67 ff.) gen
kungen über die auf den Verhältnissen der directen und indire
wandtschaft beruhenden Verschiedenheiten der Accordwirkung ver
mögen daher noch einmal an dem Beispiel des *C*-Dur- und des
alle in Betracht kommenden Eigenschaften hervorgehoben werden.
bestehen aus folgenden Elementen:

C-Dur:

$\underline{C_1}$	C_2	c	e	g	c^1	e^1	$\underline{g^1}$	h^1	$\underline{c^2}$	d^2	$\underline{e^2}$	$\underline{g^2}$	...	$\underline{h^2}$
1	2	4	5	6	8	10	12	15	16	18	20	24		30
			1	1										

C-Moll:

$\underline{As_3}$	As_2	Es_1	C	c	es	g	c^1	es^1	$\underline{g^1}$	b^1	c^2	d^2
1	2	3	5	10	12	15	20	24	30	36	40	45
					2	3						

Hiernach sind folgendes die wesentlichen Unterschiede: 1) D
baut sich auf Grundklängen auf, welche Octaven zu seinem tie
der Grundklang des Mollaccords liegt außerhalb seiner eigene
theile, daneben kommt aber in ihm ein mit dem Grundton übe
Unterton zur Geltung, daher, wie auch die Melodieführung lehrt
auf zwei wechselnden Grundklängen sich aufbaut; 2) der Mollac
übereinstimmenden Oberton, welcher eine Octavwiederholung s
Tons ist; der übereinstimmende Oberton des Duraccords stim
seiner eigenen Töne überein, liegt aber zumeist überhaupt jens
hörbarer Töne; 3) der Durdreiklang wird durch die Terz symm
gleiche Empfindungsstrecken getheilt, bei dem Molldreiklang ist
strecke in der Empfindung kleiner, die höhere größer. Dieses
gibt zusammen mit dem vorigen im Mollaccord dem Quinten
gewicht, während im Dur noch bestimmter der Grundton durch
stimmung mit dem Grundklang gehoben wird. Doch fehlt auch



nen Tönen gemeinsamer Grundklang nicht. Er ist nicht nur in dem
nenklang als Differenzton zu hören (die beiden Töne As_3 und As_2 sind
lich bei hoher Accordlage sehr deutlich vernehmbar), sondern er macht
ch in der Tonfolge geltend, in welcher die Neigung besteht, an Stelle
nes *a* das mit dem Grundklang übereinstimmende *as* zu verwenden.
t vorzugsweise bei der absteigenden Tonfolge zu bemerken, weil sich
die Töne in der Richtung nach dem Grundklang bewegen. Die *C*-Moll-
r lautet dann:

aufsteigend: absteigend:

c d es f g a h c^1 | c^1 *h as g f es d c*

n zieht der Uebergang in *as* auch noch die Umwandlung von *h* in *b*
ehuf der Ausgleichung der Intervalle nach sich. Jene Bedeutung des
noch mehr hervor, wenn man unmittelbar auf das *c* der absteigenden
die für den Grundklang charakteristischen Töne *C Es* As_1 folgen lässt.
r Durtonart ist ein solcher Abschluss in einem von der Tonica ver-
nen Klang völlig unmöglich. Das Mollsystem enthält eben zwei ver-
ne Grundklänge, einen, auf den die drei Töne des Accords zurückweisen,
r, dem Moll specifisch eigenthümlich, von den Tönen des Dreiklangs
ht (*As*), und einen zweiten, welcher nur dem Quintintervall angehört
it dem Grundklang des Duraccords übereinstimmt (*C*). Beide sind beim
nenklang als Differenztöne vorhanden. Hierin liegt zugleich der Grund,
b im Moll ein doppelter Abschluss des Tonstückes möglich ist, einer
llaccord, den erst das neuere Harmoniegefühl zur Geltung gebracht
nd einer im Duraccord, den die ältere Anschauung für den allein
gen hielt.

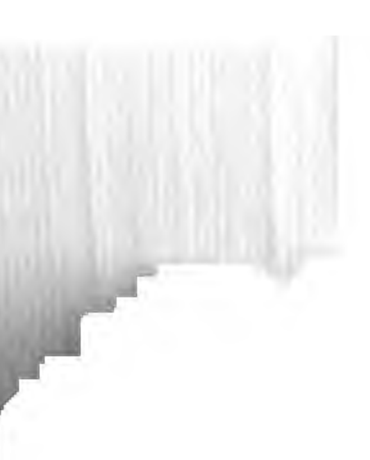
iese Bemerkungen ergänzen die früher (S. 68) bezüglich der directen
directen Klangverwandtschaft hervorgehobenen Unterschiede zwischen Dur
ll, indem sie den phonischen Unterschieden die parallel gehenden Unter-
der Empfindungsintervalle beifügen. Im Gegensatze zu der hier ent-
en Anschauung hat man von zwei Gesichtspunkten aus geglaubt, den Moll-
als die reine Umkehrung des Duraccords ansehen zu dürfen: in
scher Beziehung, weil in ihm die Terzenfolge die umgekehrte ist; in
ischer Beziehung, weil sich in ihm der übereinstimmende Oberton nach
nd Qualität zum Quintenton ebenso verhält, wie im Duraccord der über-
mende Unterton zum Grundton. Aber jene Halbirung des Quintintervalls,
im Duraccord vorliegt, lässt sich nicht umkehren; gerade der in metrischer
ung charakteristische Unterschied beider Accorde kommt also in jener die
llverhältnisse der Schwingungszahlen, nicht die Intervalle der Empfindungen
sichtigenden Auffassung nicht zum Ausdruck. Anders verhält es sich mit
on A. von Oettingen zur Geltung gebrachten symmetrischen Gegensatz
ertons beim Mollaccord zu dem mit dem Grundton als Tonica überein-
nden Unterton des Duraccords. Doch ist damit nur eine der Klang-
ümlichkeiten des Mollaccords bezeichnet. Eine weitere besteht darin,
r zwei Grundklänge, einen mit der Tonica übereinstimmenden und
nicht mit ihr übereinstimmenden, aber in der Tonführung wie als
nzton im Zusammenklang erkennbaren Grundklang besitzt. Die oft her-
obene Zwiespältigkeit der Stimmung, die dem Molldreiklang zukommt,

hat wohl nach der metrischen Seite in der Asymmetrie der
nach der phonischen in dieser Zweiheit des Grundklangs ihren
Grund, während zugleich die bei dem Durdreiklang durch d
klang an und für sich schon erzeugte Empfindung der Klange
accord erst durch jenen stark hervortretenden phonischen Ol
wird. Da alle diese Verhältnisse in den Beziehungen der
gesetzmäßig begründet sind, so hat man aber sicherlich kein
system, wie es namentlich von älteren Musikern geschehen ist,
liches« dem Dursystem als einem natürlichen gegenüberzust
wird es durch diese verwickelteren Bedingungen des Mollsys
dass es längerer Zeit bedurft hat, um sich Geltung zu versch
ist ja auch die Fähigkeit für das Hören musikalischer Zusa
langsam zur Entwicklung gelangt, und diese Entwicklung is
noch nicht abgeschlossen.

Die Bedeutung des Grundtons der musikalischen Haupt
Tonica oder als desjenigen Tons, von welchem die Melodieführ
zu welchem sie wieder zurückkehrt, ist durch die qualitative U
mit dem die ganze Klangmasse beherrschenden Grundklang
gründet. Schwieriger ist die Frage, welchen Bedingungen der
Bedeutung als Dominante der Tonart zu verdanken hat.
sich wieder an ein metrisches und an ein phonisches Princip
dem ersteren ist die Quinte die reine Halbirung der Octave; i
Octave eine höhere Wiederholung des Grundtons ist, bezei
diejenige Stelle der Tonleiter, wo sich die Empfindung am w
Tonicaklang entfernt hat. In diesem Sinne wird man nicht b
dass Hauptmann's Auffassung, der in ihr den reinen Gegen
erblickt, abgesehen von der dialektischen Formulirung und der
hängenden falschen Anwendung der Worte Gegensatz und Entzv
richtigen psychologischen Beobachtung beruht[1]. Als ein sec
kommt hinzu, dass die Quinte den Dreiklang symmetrisch theil
oder Anfangspunkt des Accordes sein, also sowohl in dessen urs

$\overset{4}{c} \underbrace{:}_{1} \overset{5}{e} \underbrace{:}_{1} \overset{6}{g}$ wie in der Umlagerung $\overset{6}{g} \underbrace{:}_{2} \overset{8}{c^1} \underbrace{:}_{2} \overset{10}{e^1}$. In phonische

gegen ist die Quinte der innerhalb der Octave verwandtest
sie als die nächste Ergänzung des Grundtons neben der Octave
Metrische und phonische Beziehungen verhalten sich also hier
Dies kommt auch darin zum Ausdruck, dass die beiden ob
metrisch gleichen Accorde, der Tonicadreiklang *c e g* und der
$g\ c^1\ e^1$, in phonischer Hinsicht äußerst verschieden sind, inde
teren die übereinstimmenden Partialtöne höher liegen und bei
vallen der Obertöne die Dissonanzen überwiegen. Darum eigne
dieser metrisch gleich gebauten Accorde am besten, der zweite
zum tonischen Abschluss. In vollem Gegensatz zur Dominante
Beziehungen der nur um einen halben Ton von der Octave de
schiedene so genannte Leitton. Metrisch ist er, insofern die Oc



1) M. Hauptmann, Die Natur der Harmonik und Metrik. Leipzig

des Grundtons aufgefasst wird, der dem Grundton nächste Ton und daher auch in seiner Function als Leitton, d. h. zur unmittelbaren Vor- ıng der Rückführung in die Tonica, vorzugsweise in seiner Rückversetzung unmittelbare Nähe der Tonica zur Anwendung. Phonisch ist er aber der alb der Octave unverwandteste Ton, da die große Septime das dissonan- ller Intervalle ist. Es ist einleuchtend, dass hier gerade die Verbindung cher Nähe und phonischen Gegensatzes dem Leitton seine eigenthümliche ung verliehen hat. Ein näheres Eingehen auf die weiter sich anschließen- ragen muss, da sie aus dem Gebiete der Psychologie in das der Musik- k hinüberführen, an dieser Stelle unterbleiben.

ı den obigen Erörterungen ist der Versuch gemacht worden, den beiden ɔien, welche für die Erklärung der Erscheinungen der Tonharmonie mög- veise herbeigezogen werden können, dem metrischen, das die Wirkungen tervalle und ihrer Verbindungen aus quantitativen Verhältnissen ab- und dem phonischen, das die qualitativen Eigenthümlichkeiten länge herbeizieht, die ihnen gebührende Stelle anzuweisen. In der klung der musikalischen Theorien sind aber durchweg beide Principien seitiger Weise zur Geltung gebracht worden. Die metrische Theorie älteste. Auf sie mussten frühe schon die gesetzmäßigen Beziehungen ıitenlängen zu den Tonhöhen und später, als sich die physikalische k entwickelt hatte, die Beziehungen der Schwingungszahlen der Töne en. In der bis in die neueste Zeit maßgebenden Form hat sie Euler kelt. Nach ihm erscheinen uns Klänge, deren Schwingungszahlen in erhältniss einfacher ganzer Zahlen stehen, deshalb harmonisch, weil uns, ı der Baukunst, die Einfachheit des Verhältnisses unmittelbar gefällt[1]. da wir von den Schwingungszahlen der Töne unmittelbar nichts wissen, diese Theorie genöthigt, entweder, wie es von Euler geschah, den ɔlogisch monströsen Begriff eines »unbewussten Zählens« zu Hülfe zu n, oder sie muss mindestens, wie es neuerlich Lipps versuchte, eine nbewusster rhythmischer Wirkung der Tonschwingungen voraussetzen[2]. honische Theorie ist wieder in zwei Gestalten möglich. Entweder ɔei ihr vorzugsweise das Moment der Harmonie oder das der Consonanz öne (in dem oben festgestellten Sinne dieser Begriffe) berücksichtigt werden. er Begründer der phonischen Theorie ist Rameau[3] zu betrachten; ver- ndigt wurde sie durch d'Alembert[4]. Nach Rameau nennen wir solche harmonisch, welche als Bestandtheile eines und desselben Grundklangs inen. Seine Theorie gründet sich daher bereits auf die Erkenntniss, eder Grundklang eine Reihe von Obertönen, deren Schwingungsverhältnisse eihe der ganzen Zahlen entsprechen, mitklingen lässt[5]. In neuerer Zeit . von Oettingen wieder an dieselben Anschauungen angeknüpft und sie ıtlich vollständiger, als dies durch Rameau und d'Alembert geschehen war, ie Mollaccorde ausgedehnt. Er fasst die Töne des Duraccords auf als

---

Euler, Nova theoria musicae, Cap. II, p. 26 seq.

Th. Lipps, Grundthatsachen des Seelenlebens. Bonn 1883, S. 238 ff. Psycho- ıe Studien. Heidelberg 1885, S. 92 ff.

Nouveau système de musique. Paris 1726.

Éléments de musique théorique et pratique suivant les principes de M. Rameau. édit. Lyon 1766.

Rameau a. a. O. p. 17.

zugehörig zu einem einzigen Grundton, dem tonischen Grund
damentale nach RAMEAU), die Klänge des Mollaccords dagegen als ü
in einem einzigen Oberton, den er den phonischen Obert
stellt OETTINGEN überhaupt ein doppeltes Princip, der Tonalität
nalität, als zu Grunde liegend dem Aufbau der harmonischen
auf[1]. Davon kommt das erstere im wesentlichen mit dem üb
die indirecte, das zweite mit dem was die directe Klan
genannt wurde. An OETTINGEN angeschlossen hat sich HUGO RIE
die Analogie der Grundklänge als Untertöne mit den Obertöne
zu begründen glaubte, dass er schon in dem Einzelklang harm
töne nachzuweisen suchte. Er glaubte zu beobachten, dass be
Dämpfer des Klaviers durch Anschlagen einer Saite tiefere
schwingen gerathen können, und er meinte hieraus schließen
auch im Ohr die auf Untertöne abgestimmten Theile bei jeden
mitschwingen[3]. Die Beobachtung RIEMANN's lässt sich aber n
Gegen die Annahme eines Mitschwingens der Untertöne im Oh
dies die völlige Unmöglichkeit in der reinen Tonempfindung s
zufinden. Auch ist sie zur Erklärung der Bedeutung der C
nicht erforderlich, da diese Bedeutung, wie wir sahen, schon
dem normalen Aufbau der Einzelklänge und dem Einfluss, d
unsere Tonvorstellungen gewonnen hat, verständlich ist. Dass
sicht, der Mollaccord sei eine bloße Umkehrung des Duraccords
denen Gründen unhaltbar ist, wurde oben gezeigt. Ausschl
Princip der Consonanz und Dissonanz hat HELMHOLTZ[4] das mus
zurückzuführen gesucht. Nach ihm beruht die Harmonie au
Dissonanz, und die Dissonanz beruht ihrerseits ausschließlich a
oder Rauhigkeiten des Klangs. Indem solche Schwebungen ebens
den Grundtönen wie zwischen den Obertönen und Combina
kommen, ist die Möglichkeit zu sehr mannigfachen Dissonanzen
Grad der Harmonie ist nun nach HELMHOLTZ durch die Zahl de
bestimmt, die sowohl zwischen den Grundtönen wie Combination
können. Diese Theorie wird jedoch erstens, wie schon obe
thatsächlichen Unabhängigkeit der Dissonanz von den Schwebu
nicht gerecht, und sie erklärt zweitens das Harmoniegefühl nu
Mangel der Schwebungen und der Dissonanzen unterstützt ge
digende Auffassung der Zusammenklänge, aber als positive Ur
monie kann er nicht gelten. Hiergegen spricht auch die Tha
einer Zeit, die sich des harmonischen Zusammenklangs noch
doch das Gefühl für die harmonisch zusammengehörigen Klän
wickelt war. Ebenso vermag die HELMHOLTZ'sche Theorie üb
satz des Dur- und Mollsystems keine Rechenschaft zu geben.
accords könnte von ihrem Standpunkte aus eben so gut irge

1) A. v. OETTINGEN, Harmoniesystem in dualer Entwicklung. Dorpa
2) H. RIEMANN, Musikalische Logik. Leipzig (o. J.), S. 12. Musik
Leipzig 1877.
3) Eine ähnliche Hypothese hat auch MACH entwickelt. Wie
Abth. 2, XCII, S. 1283.
4) HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen. 4. Aufl., S. 368,

ination minder vollkommen consonanter Intervalle zur Grundlage eines
ns dienen.

Wir haben geglaubt, dem metrischen sowohl wie dem phonischen Princip
bestimmte Berechtigung zugestehen und in dem eigenthümlichen Zusammen-
n beider eine wichtige Grundlage der Bildung harmonischer Tonfolgen
usammenklänge finden zu sollen. Um die wahren metrischen Beziehungen
onhöhen zu erkennen, dazu bedurfte es aber freilich der völligen Beseitigung
törenden Einflusses, den hier bis in die neueste Zeit das Intervallver-
ss der objectiven Schwingungszahlen ausgeübt hat, und es musste auf die
chlich festgestellten Gesetze der unmittelbaren Messung der Ton-
n in der Empfindung zurückgegangen werden. In phonischer Beziehung
h spielen die beiden Formen der Klangverwandtschaft eine so wesentlich
iedene Rolle, dass es um so angemessener schien, damit die beiden
fe der Consonanz und der Harmonie in Verbindung zu bringen, als dies
ch der eigenthümlichen Bedeutung dieser Begriffe am vollkommensten zu
rechen scheint.

5. Zeitliche Verbindung der Schallvorstellungen.

Eine wesentliche Bedingung für die Ordnung unserer Schallempfin-
en zu Vorstellungen ist die Aufeinanderfolge der Eindrücke.
Zusammenklang bietet zwar durch die entstehenden Differenztöne
ausgezeichnete Veranlassung, um die indirecte Klangverwandtschaft
icher hervortreten zu lassen; aber in der Succession der Klänge liegt
der Ursprung aller Vergleichung derselben, da uns sonst kein Anlass
ben wäre, überhaupt verschiedenartige Klänge von einander zu son-
. Die Ordnung und Analyse der Klänge gründet sich daher auf den
litativen Klangwechsel. Indem verschiedene Klangverbindungen
ablösen, werden einzelne Bestandtheile der successiv erfassten Klänge
emeinsame, andere als verschiedenartige herausgehoben. Für die Ent-
lung und Vervollkommnung der Zeitauffassung ist dagegen der in-
ive Klangwechsel von größerer Bedeutung. Ein und derselbe Klang
stärker oder schwächer angegeben werden. Folgen solche Hebungen
Senkungen regelmäßig auf einander, so werden dadurch die Klänge
hmisch gegliedert. Verbindet sich damit auch noch eine gewisse
lmäßigkeit in dem qualitativen Klangwechsel, so entsteht die Melo-
Die besonderen Regeln, nach denen Rhythmus und Melodie sich auf-
n, liegen außer dem Bereich der gegenwärtigen Untersuchung; sie
es nur mit den psychologischen Vorgängen zu thun, die dieser Ver-
ung auf einander folgender Eindrücke zu Vorstellungsreihen zu Grunde
n.

Ein unveränderlich fortdauernder Klang wird zwar als ein zeitlicher

Vorgang aufgefasst, aber er führt keinerlei Motive mit si
wieder in bestimmte Zeitabschnitte einzutheilen. Die ein
in der eine solche Theilung veranlasst werden kann, ist
Klang, während er qualitativ unverändert bleibt, in seiner
und zunimmt. Indem Momente der Hebung (Arsis) und
(Thesis) auf einander folgen, scheiden sich diese in unserr
Zugleich wird jede Hebung oder Senkung als eine Wiederh
angegangenen aufgefasst, und wenn der Wechsel regelmäßi
wird in jedem Moment der Senkung eine Hebung erwar
kehrt. Auf diese Weise entspricht der intensive rhythmisch
dem bei der natürlichen Folge unserer Bewegungen, namen
bewegungen, eintretenden regelmäßigen Wechsel der Bew
dungen, der in dem Bau der Bewegungswerkzeuge vorg
associirt sich denn auch beim Tanz, beim Marsch und bei
bekanntlich sehr leicht mit dem Wechsel der Klangeindr
sprechende rhythmische Folge unserer Bewegungen.

Nun kann die Intensität eines Klangs alle möglichen G
Null und der Empfindungshöhe durchlaufen. Aber die rhyth
rung der Klänge wird von diesen bedeutenden Intensitätsabs
berührt. In sie geht nur zunächst die Intensität Null, a
Pause, ein, und außerdem scheiden sich die stärkere u
Intensität als Arsis und Thesis, wobei jedes dieser beide
Elemente im Vergleich mit dem andern, das ihm vorausg
folgt, bestimmt wird. Nur eine Erweiterung erfährt noch
Gliederung, indem sich unter Umständen die Hebung in e
schwache oder selbst in eine starke, eine mittlere und
also in drei Grade sondert. Mehr als drei Hebungen v
Stärke, also im ganzen vier Stärkegrade des Eindrucks,
bar nicht oder wenigstens nicht mehr leicht unterschieden
sie kommen weder in den poetischen noch in den musika
men vor.

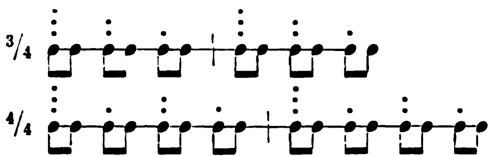
Das einfachste rhythmische Gebilde, welches aus einer
wohl überschaubarer Hebungen und Senkungen des Klangs
man den Takt[1]). Die möglichst einfache Taktform ist d
welchem Hebung und Senkung ohne weitere Gradabstufun
regelmäßig mit einander wechseln:

2/8



[1]) Im poetischen Metrum den Fuß, nach der Sitte der Alten,
zum Takttreten benutzten.

bere Grenze der gebräuchlicheren Taktformen bilden dagegen der $^3/_4$-
$_4$-Takt, in denen alle drei Grade der Hebung vertreten sind, nämlich:



mittlere Stellung nimmt der $^2/_4$-Takt ein, in welchem sich zwei Grade
lebung unterscheiden lassen:

$^2/_4$

re andere Taktformen, die noch angenommen werden, lassen sich
ie vier hier aufgezählten vollständig zurückführen, so der $^2/_4$ und $^2/_{16}$
en $^2/_8$, der $^3/_2$ auf den $^3/_4$, der $^2/_2$ und $^4/_8$ auf den $^2/_4$-Takt; andere
Erweiterungen derselben, bei welchen die Zahl der Senkungen, die
Hebung folgen, um eine oder einige vermehrt ist. Auf diese Weise
ringt aus dem $^2/_8$ der $^3/_8$, aus dem $^3/_4$ der $^9/_8$, aus dem $^4/_4$ der $^6/_4$
$^2/_8$, aus dem $^2/_4$ der $^5/_8$ Takt[1]). Endlich können zwei einfachere Takt-

Die eben genannten Takte lassen sich nämlich in folgender Weise symbolisiren:

$^3/_8$

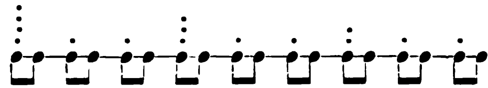
$^5/_8$ oder

$^9/_8$

$^{12}/_8$

$^6/_4$

tztere Taktform nähert sich schon der Grenze der Uebersichtlichkeit und kommt
selten vor. Zuweilen hat man auch einen $^9/_4$ Takt angewandt, dieser müsste
wenn er keine bloße Wiederholung des $^3/_4$ Taktes sein sollte, folgende Accen-
n besitzen:



es müssten vier Grade der Arsis unterschieden werden, eine Taktform, die sich,
nicht mehr übersehen werden kann, von selbst in ihre rhythmischen Bestand-
auflöst.

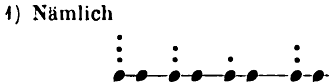
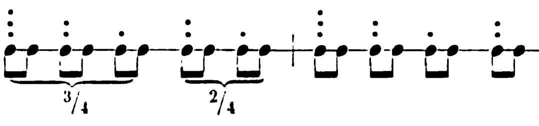
formen in regelmäßigem Wechsel eine zusammengesetztere
der $^5/_4$ Takt nur eine Combination des $^3/_4$ und $^2/_4$ Taktes[1]
Alle hier aufgezählten Taktformen können in zwei-
gliedrige, sowie in gemischte, die gleichzeitig aus z
gliedrigen Elementen aufgebaut sind, gesondert werden[2]. I
bildet der einfache Wechsel von Hebung und Senkung, wie
gegeben ist, den Grundtypus. Die dreigliedrigen Takte abe
bar ihren Ursprung darin, dass ein gehobener Klang nic
den regelmäßigen Wechsel mit einer Senkung, sondern
dass er immer zwischen zwei Senkungen eingesch
unsere Auffassung abgesondert werden kann. Die Grunc
geradzahligen Takte ist daher der $^3/_8$ Takt in folgender Ge



Dass man alle Takte mit dem schweren Takttheil. und zw
sammengesetzteren Taktformen immer mit der stärksten Hel
lässt, um, wenn das Ganze in Wirklichkeit mit einer Se
diese als sogenannten Auftakt voranzustellen, ist nur
Uebereinkunft. In Wirklichkeit kann jeder Takt ebensowohl
wie mit der Thesis beginnen, und für die Bildung der zweig
müssen in der That die beiden Formen

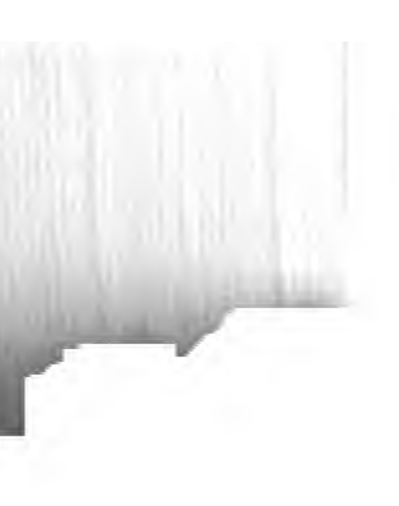


als gleich möglich gelten. Anders verhält sich dies mit den
Hier zeigt die Praxis sowohl der modernen wie der ant
dass der schwere Takttheil immer zwischen zwei leichteren
ist, die entweder die gleiche Betonung haben oder wieder
verschiedener Schwere sein können; niemals aber ist der l
von zwei gleich schweren umfasst. Es sind also hier nur di

---

1) Nämlich



2) Die gewöhnliche Unterscheidung in geradzahlige und ungeradz
ist eine rein äußerliche, die über den wirklichen Aufbau des Rhythm
schaft gibt. HAUPTMANN unterscheidet ein zwei-, drei- und vierz
davon zerfällt aber das letztere immer in zwei Glieder. Vgl. HAUP
der Harmonik und Metrik. Leipzig 1853, S. 226 ff.

:lich, nicht aber

[rhythmic notation] [1]

:aus geht hervor, dass die dreigliedrigen Takte, wenn sie ihrer Bildung
ıäß dargestellt werden sollten, durchweg mit der Senkung beginnen
ssten [2]).

Insofern wir die sämmtlichen Bestandtheile eines Taktes im Bewusst-
verbinden müssen, um ihn als ein Vorstellungsganzes auffassen und
andern ähnlichen Einheiten vergleichen zu können, ist der Takt das
ect einer unmittelbaren Zeitvorstellung. Diese ist aber mit ihm
t anders verknüpft, als etwa die Raumvorstellung mit einer Vielheit
ıltaner Tasteindrücke. Wie daher diese neben der Qualität und Inten-
der einfachen Tastempfindungen, die in sie eingehen, Hülfsmittel
ıussetzt, durch welche die räumliche Ordnung dieser Empfindungen
Stande kommt, so wird auch zu den einzelnen im Takte verbundenen
ıllqualitäten eine in ihnen selbst an und für sich noch nicht gegebene
ingung hinzutreten müssen, durch die ihre zeitliche Form entsteht.
nun jede Empfindung, welchem Sinnesgebiet sie auch angehöre, und
chgültig, ob andere Empfindungen zu ihr hinzutreten oder nicht, die
enschaft hat, als ein zeitlicher Vorgang aufgefasst zu werden, so
n diese Bedingung nur in der allgemeinen Eigenschaft des Bewusstseins
en, jeden in einem gegebenen Moment neu in ihm auftretenden Vor-
g mit den unmittelbar vorausgegangenen Vorgängen zu verbinden.
re das Bewusstsein ein momentanes, d. h. verbänden sich nicht in
unmittelbar successiv gegebene Eindrücke derart, dass mit der Auf-
ıng eines neuen Eindrucks die des vorangegangenen fortbestünde, so
de eine Zusammenfassung zeitlich getrennter Eindrücke unmöglich sein.
it aber diese Zusammenfassung zugleich als eine zeitliche aufgefasst
den könne, müssen außerdem zwischen den successiv gegebenen Ein-

---

1) Es könnte scheinen, als wenn die antike Rhythmik diesem Gesetze widerspräche,
ie Alten bei den dreitheilig ungeraden Takten häufig zwei Hebungen auf eine Sen-
unterscheiden. Dies beruht aber, wie WESTPHAL bemerkt, lediglich darauf, dass
Alten da, wo ein mittelschwerer Takttheil vorkommt, diesen ebenfalls als Hebung
ezeichnen pflegen. Vgl. WESTPHAL, System der antiken Rhythmik. Breslau 1865,
.

2) Danach würde die auf S. 85 gebrauchte gewöhnliche Schreibweise in folgende
ıändern sein:

9/8 [rhythmic notation] 12/8 [rhythmic notation]

5/8 Takt zerfällt in einen drei- und zweigliedrigen:

5/8 [rhythmic notation] oder [rhythmic notation]

drücken Unterschiede im Bewusstseinszustande existiren. Nu
That solche Unterschiede stets gegeben in dem Klarheitsg
stellungen. Wirkt ein Ton gleichförmig während einer gew
uns ein, so ist in jedem Momente die durch die momentane S
erweckte Empfindung die klarste, während die vorangegan
Maße dunkler werden, als der Zeitpunkt ihrer Erzeugung
liegt. Zur Vorstellung einer bestimmten Zeitdauer des E
es dabei nur dann kommen, wenn dieser derart zeitlich begr
sobald das Ende des Eindrucks einwirkt, der Anfang noch
Bewusstsein verschwunden ist, gerade so wie es zur unmi
fassung einer Raumgröße erfordert wird, dass die einzelnen Th
simultan im Bewusstsein vorhanden sein können. Sobald di
Empfindung diese Grenzen überschreitet, wird sie zwar noc
licher Vorgang aufgefasst, und es kann auch noch vermittelst
mittelbarer Merkmale eine unbestimmtere Vorstellung ihre
stehen; aber diese Zeitvorstellung ist dann niemals mehr eine
ohne weiteres mit dem übrigen Inhalt der Vorstellung sel
Uebrigens ist nicht zu übersehen, dass jene beiden Bedingu
sammenfassung der zeitlich getrennten Empfindungen im Be
die stetige Abnahme der Klarheitsgrade mit der Entfernung v
Zeitmoment, eben nur die Bedingungen sind, welche die
Analyse als die für jede Zeitvorstellung erforderlichen
mit den thatsächlich bestehenden Eigenschaften unserer Zei
in einer durchgängigen Beziehung stehen, dass aber diese
ebenso wenig die Zeitanschauung selbst sind, wie die L
Raume und die räumlichen Größenvorstellungen mit ihren
schen Bedingungen verwechselt werden dürfen. Die Zeit-
anschauung bedürfen, weil sie kein psychisch Einfaches s
chologischen Analyse: eine solche Analyse kann aber niemals
logische Deduction sein [1].

Von andern unbestimmteren Zeitanschauungen untersche
die Taktvorstellungen dadurch, dass bei ihnen die Ve
der auf einander folgenden Vorstellungen in hohem Grade e
durch aber auch eine Schätzung der Zeitgröße einer j
bei andern Zeitvorstellungen nahe gelegt wird. Diese Erl
Auffassung entspringt aus dem regelmäßigen Aufbau der Ta
es uns gestattet, zu einem gegebenen Theil das Ganze zu e
der deshalb beim wirklichen Anhören der Taktform eine de
vorangehende Erwartung herbeiführt. In Folge dieser E



1) Vergl. hierzu die Bemerkungen oben S. 46.

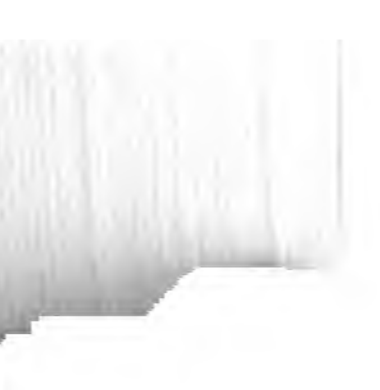
eneigt, die Hebungen und Senkungen der Betonung, durch welche liederung des Taktes vermittelt wird, selbst da anzubringen, wo sie n objectiven Eindrücken nicht vorhanden sind. Je mehr aber die chen Eindrücke in ihrem zeitlichen Ablauf den ihnen vorangegangenen rtungen entsprechen, um so mehr wird durch die hieran geknüpften le der Befriedigung die Zusammenfassung erleichtert. Bei der wich- Rolle, die diese Gefühle in allen den Fällen spielen, wo der Takt thetischen Wirkungen verwendet wird, ist übrigens zu erwarten, selbst die verwickelteren Taktformen noch unter der Grenze bleiben, der für uns noch eine unmittelbare Zeitvorstellung einer Folge von ngen möglich ist. In der That wird diese Vermuthung durch die e Untersuchung des Bewusstseinsumfanges bestätigt[1]). So sehr ens auch die Spannung der Erwartung und ihre Lösung beim Takte usammenfassung einer Vielheit von Eindrücken in eine unmittelbare rstellung erleichtern und, wie wir später sehen werden, unter be- ten Bedingungen auch auf die Größe der Zeitvorstellung einen Ein- ausüben können, so ist es doch klar, dass die unmittelbare Zeitvor- ng selbst niemals aus diesen Gefühlen abgeleitet werden kann. ehr setzen diese Gefühle offenbar die Existenz der Zeitvorstellung voraus[2]).

Bei allen rhythmischen Gebilden, die sich aus einer Mehrheit von n zusammensetzen, beruht die Regelmäßigkeit ihrer Wiederkehr nicht nmittelbaren, sondern auf mittelbaren Zeitvorstellungen. Als elbar bezeichnen wir aber alle Zeitvorstellungen, bei denen die eichung bestimmter zeitlicher Eigenschaften nicht auf der unmittel- Zeitanschauung, sondern auf Merkmalen der Vorstellungen beruht, ei einem gegebenen klaren Eindruck die Reproduction früherer Ein- e herbeiführen. Wie die unmittelbare Zeitvorstellung ein Wahr- nungsprocess, so ist demnach die mittelbare ein Erzeugniss von nerungsvorgängen. So vereinigt sich eine gewisse Anzahl von n zur rhythmischen Reihe[3]); aus einer Anzahl von Reihen baut hythmische Periode sich auf. Auch diese zusammengesetzteren ndtheile des Rhythmus sind eingeschlossen zwischen einer unteren einer oberen Grenze, welche letztere aber in diesem Fall nicht durch zeitlichen Umfang der einzelnen Wahrnehmung, sondern durch die chen Bedingungen der leicht und sicher auftretenden Erneuerung eben abgelaufenen Vorstellung bestimmt wird. Die kleinste rhyth-

[1]) Vergl. Cap. XV, 3.
[2]) Vergl. hierzu Cap. XVI, 5.
[3]) Sie wird in der musikalischen Metrik gewöhnlich als Absatz, in der poeti- als Verszeile bezeichnet.

mische Reihe besteht aus zwei Takten, die größte wird,
kalische und die poetische Metrik übereinstimmend zeigen
Takte gebildet. In der Musik ist das Mittel zwischen di
die geradzahlige Reihe aus vier Takten, die gewöhnliche
mische Reihen, welche über den Sechstakt (die Hexapodi
lassen sich kaum mehr verbinden. Auch für die Periode
ist wieder zwei die kleinste Zahl Reihen, aus denen sie s
setzt, und sie ist zugleich die gewöhnliche: die erste Re
Vorder-, die zweite den Nachsatz. Verhältnissmäßig selt
nur in der poetischen Rhythmik, die in dieser Beziehun
sonstigen Einförmigkeit einen größeren Umfang zulässt, kö
und selbst fünf Reihen mit einander verbunden werden[1].
facherer rhythmischer Gebilde, die in zusammengesetztere v
können, nimmt demnach mit steigender Complication im
Während der Takt sehr wohl 12 Intensitätswechsel des K
kann (wie im $^{12}/_{8}$ Takt), erreicht die Reihe höchstens 6 Takte
nur ausnahmsweise noch 5 Reihen. In der Musik wird
Reihen und Perioden gegliederte Ganze häufig mehrmals
schnitte oder Sätze eingefügt. Aber diesen Abschnitten fehlt
Uebersichtlichkeit. Sie finden ihren Zusammenhang nicht i
Motiven, sondern in der Melodie, welche dadurch, dass
mischen Motive mit solchen des qualitativen Klangwech
eine Reproduction vorangegangener Vorstellungen innerhalb
derer Grenzen möglich macht.

Erst die systematische, von Takten zu Reihen, von dies
fortschreitende rhythmische Eintheilung eines Ganzen suc
vorstellungen ermöglicht die zeitliche Uebersicht und Zu
desselben. Die Reihe wird durch Takte, die Periode du
sammengehalten: für sich würde jedes dieser größeren rhy
bilde aus einander fallen; und wie jedes nur eine begre
reichen kann, bis zu der es allein von unserer Zeitauffassung
ist, so findet der ganze rhythmische Aufbau seine Grenze
der Periode. Das rhythmische Element aber, auf welche
gesetzten Bildungen zurückführen, ist der Takt, das einz
mittelbarer Zeitvorstellung. Die Vorstellung der Zeitdauer
theilung findet jedoch nicht nur ihren Ausdruck im Rhyt



1) Als Beispiel einer fünfgliedrigen Periode vgl. GOETHE's Kophthis
gehorche meinen Winken« u. s. w. Werke I, S. 144). Eine fünfgliedr
wie dieses Beispiel zeigt, schon sehr hart an der Grenze, wo die
aufhört. Vergl. a. WESTPHAL, Theorie der neuhochdeutschen Metrik
Allgemeine Theorie der musikalischen Rhythmik seit J. S. BACH, Leip

ervollkommnet sich auch mittelst desselben. Von den Zeitverhält-
eines Ereignisses haben wir nur dann eine einigermaßen genaue
llung, wenn es in rhythmischer Form abläuft. Ursprünglich aber ist
unserer eigenen Bewegung nur den Klangvorstellungen das rhyth-
e Maß eigen. Der Gesichtssinn nimmt erst, indem er die Bewegung
iv auffassen lernt, daran Theil. Von unserer Bewegung her, in der
as Rhythmische am frühesten finden, nennen wir daher den Rhyth-
überhaupt eine nach genau bestimmtem Maß fortschreitende Bewe-
Aber in der Feinheit, mit der es die Schritte der rhythmischen
gung auffasst, übertrifft dann unser Ohr weit die ursprünglichen Be-
ngsempfindungen. Es unterscheidet einerseits Zeittheile, die bei der
en Bewegung nicht entfernt mehr wahrnehmbar sind, noch deutlich
uchtheile eines Taktes, und es vermag anderseits in Rhythmen sich
rtiefen, deren langsamer Fortschritt in der Bewegung unseres Körpers
mehr nachgebildet werden kann.

erbindet sich mit der Intensitätsänderung zugleich ein Wechsel in
ualität der Klänge, so ist damit die Grundlage der Melodie ge-
. Die melodische Bewegung, die immer innerhalb der rhythmischen
ehen muss, kann aber entweder dem Gebiet der constanten oder
der variabeln Klangverwandtschaft angehören. Nur die letztere
st die Melodie im musikalischen Sinne, die erstere liegt der poeti-
Kunstform zu Grunde. Nach der Metrik der neueren Dichter muss
etonte Silbe mit einer Hebung, die unbetonte mit einer Senkung zu-
enfallen, während Reihe und Periode einzig und allein durch die
he Zusammengehörigkeit des Satzes sich absondern. Dies begründet
gewisse Armuth der rhythmischen Gliederung, welche die neuere
insgemein dadurch verbessert, dass sie entweder an das Ende oder
en Anfang der zusammengehörigen rhythmischen Reihen, die eine
le oder einen Theil einer solchen bilden, Klänge von constanter Ver-
tschaft setzt. So entstehen Reim und Assonanz, von denen uns jener
s natürlichere Hülfsmittel der Gliederung erscheint, weil verschiedene
n am sichersten durch ihre Schlussklänge sich sondern. Die antike
mik, die auf die Zeitdauer der Klänge ein größeres Gewicht legt,
sie durchschnittlich zwei kurzen Silben eine lange äquivalent sein
gewinnt damit ein strengeres Zeitmaß, zugleich aber, wegen der
elseitigen Ersetzung der Kürzen und Längen nach ihrem Zeitwerth,
freiere Bewegung innerhalb der einzelnen Takte. Hierdurch wird die
Metrik dem Zeitmaß der eigentlichen Melodie näher gerückt. In dieser
ht, vermöge der freieren Bewegung der musikalischen Klänge, die Ver-
g derselben nach ihrem Zeitwerth den weitesten Umfang, der nur an

den Grenzen unserer Auffassung seine eigene Grenze findet.
Zeitdauer für den einzelnen Klang ist hier, nach den Angabe
etwa $^1/_{10}$ Secunde[1]), ein Zeitwerth, welcher mit der zur U
verschiedener Empfindungen erforderlichen Zeit annähernd üb
Die längste Zeitdauer, die der einzelne Klang erreichen kan
bestimmter, sie hängt von dem Taktmaß der Melodie ab, m
Fähigkeit einem ausdauernden Klang seinen richtigen Zeitwe
veränderlich ist, unter Umständen aber auch von unmittelba
mischen Rücksichten hintansetzenden Motiven der Klangwi
Aufbau der Melodie innerhalb dieser freieren Zeitbewegun
wird dann ganz und gar durch die variable Klangverwandtsc
Ihr Einfluss macht sich hauptsächlich in zwei Momenten ge
darin, dass das melodische Ganze mit einem und demselb
Tonica, anzuheben und wieder zu schließen pflegt; und zv
Beziehung der rhythmischen Perioden zu einander, indem j
auch in melodischer Beziehung ein Vorbild oder eine freie
der zu ihr gehörenden folgenden oder vorangehenden ist.
gang von einem Grundton und in der Rückkehr zu ihm lieg
Verwandtschaft mit dem Reim, der ebenfalls durch die Wied
vorangegangenen Klangs den Rhythmus abschließt. Aber
zu dem rhythmischen Ganzen in keiner innern Beziehung,
fortwährend wechseln kann und nur die einzelnen rhythn
von einander absondert, während die Tonica die ganze K
der Melodie beherrscht, so dass in dieser jede rhythmisc
Periode entweder mit der Tonica selbst oder mit einem i
Klang beginnen oder abschließen muss. Nächst der Tonica
den nach den Gesetzen der variabeln Klangverwandtscha
stehenden Klängen, der über und unter ihr gelegenen Quin
und Unterdominante, im Fortgang der Melodie eine her
zu[4]). Durch alle diese rhythmischen Klangwiederholungen
wesentlich die Zeitanschauung, welche die zusammengesetz
theile des Rhythmus überhaupt nur dadurch zu umfassen

1) G. Schilling, Lehrbuch der allgemeinen Musikwissenschaft.
S. 268.

2) Vgl. Cap. XVI, Nr. 3.

3) Das merkwürdigste Beispiel der letzteren Art ist wohl der
Zeitmaßes weit überschreitende Orgelpunkt in Es-Dur, mit dem
Nibelungen beginnen.

4) Die Analogie der poetischen und der musikalischen Klangwi
vollständiger, wenn in dem poetischen Kunstwerk ein und derselbe
theils in Assonanzen von Anfang bis zu Ende sich wiederholt. In de
man bei dem Ghasel und andern auf fortwährende Klangwiederhol
Formen der orientalischen Poesie unmittelbar die Aehnlichkeit mit d
Melodie.

lieselben mit einem melodischen Inhalte füllen, während die bloße
g und Senkung der Klangintensität nur zum Ueberblick des einzelnen
ausreicht. Darum bleibt die Bewegungsvorstellung in der Ausbil-
rhythmischer Vorstellungen im wesentlichen auf den Takt beschränkt.
weiter gehende Gliederung wird erst auf dem Boden der Klangver-
schaft möglich; und in dem Maße als das Gebiet der letzteren die
ch unterscheidbaren Intensitätsabstufungen der Empfindung an Aus-
ng übertrifft, wird es fähiger, größere Reihen auf einander folgender
llungen in Zusammenhang zu bringen.

ie Gesetze der Harmonie und der rhythmischen Bewegung der Klänge,
obigen von einander gesondert wurden, haben sich natürlich innerhalb
enschlichen Bewusstseins gleichzeitig entwickelt, wie dies augenfällig an
lelodie zu Tage tritt, die auf beiderlei Gesetze gegründet ist. Dabei
er das Gefühl für die rhythmische Bewegung früher seine Ausbildung
t. Der Rhythmik der Alten lassen sich schon alle Grundregeln über den
sel von Hebung und Senkung und über die Grenzen unserer messenden
ffassung entnehmen. In dieser Beziehung scheint sogar das rhythmische
der Griechen ausgebildeter gewesen zu sein als das unserige, da einige
zusammengesetzteren rhythmischen Formen der heutigen Auffassung Schwie-
en bereiten. Es hängt dies wahrscheinlich damit zusammen, dass die
chen Rhythmen der Alten von den dem Gebiet der Klangverwandtschaft
örenden Hülfsmitteln der Reihen- und Periodenbildung, welche die Modernen
den, frei waren und dagegen das Zeitmaß mit größerer Strenge berück-
gten. Bezeichnend für diese der Harmonie vorausgeeilte Entwicklung der
mik ist überdies die geschichtliche Thatsache, dass sich das Gefühl für
rwandtschaft der Klänge nicht aus dem Zusammenklang, dem das moderne
auptsächlich das Maß der Harmonie und Disharmonie entnimmt, sondern
der melodischen Aufeinanderfolge entwickelt hat. Nicht gefesselt durch
eim harmonischen Zusammenklang in Rücksicht kommenden Verhältnisse
Rauhigkeit und Dissonanz, aber auch weniger sicher in der durch die
enztöne fühlbar werdenden indirecten Klangverwandtschaft, bewegte sich
lelodie der Alten freier und mannigfaltiger.

6. Localisation der Gehörsvorstellungen.

Unsere Schallvorstellungen empfangen ihre räumliche Beziehung erst
nöge der Existenz eines Bildes der Außenwelt, in welches sie ein-
gen werden. Dieses Bild ist beim Sehenden und zumeist auch noch
Erblindeten der Gesichtsraum, beim Blindgebornen oder früh Er-
leten der Tastraum. Wenn wir uns daher über die Richtung eines
lls oder über die Entfernung, in der sich der Ort seines Ursprungs
ndet, eine Vorstellung bilden, so setzt diese Vorstellung stets die durch
- und Gesichtssinn erworbene Raumanschauung voraus, in welcher

wir Richtung und Ort localisiren. Die Existenz eines be
raumes, der von der qualitativen Beschaffenheit und räum
der Gesichts- oder Tastempfindungen unabhängig wäre, i
die durch das unmittelbare Zeugniss jeder Art räumlich
widerlegt wird. Demnach haben wir hier jenes Bild d
gegeben vorauszusetzen und nur darüber Rechenschaft zu
der Grundlage der vorhandenen Raumanschauung ande
Localisation der Gehörsvorstellungen zu Stande kommt. Di
kann aber in zwei Vorstellungen zerlegt werden: in die
des Schalls, und in die der Entfernung der Schall
ihnen ist die erstere in vielen Fällen allein vorhanden; die
unsicherer und kann überall erst durch secundäre Assocati

Auf die Vorstellung der Richtung des Schalls sche
Intensität der Schallempfindung einen gewissen Einfluss
das äußere Ohr als ein Schallbecher wirkt, welcher die von
den Schallwellen aufsammelt, so sind wir geneigt Eindrück
ter Stärke dann nach vorn zu verlegen, wenn sie stär
werden: wenn man daher das äußere Ohr am Kopfe festbi
künstliche Ohrmuschel umgekehrt vorsetzt, so kann, wie E
der von hinten kommende Schall irrthümlich nach vorn ve
Doch wirken schon bei diesem Versuch wahrscheinlich Ta
mit. Da die Theile der Ohrmuschel eine feine Druckemp
sitzen, die vorn durch zarte Härchen vergrößert ist, so m
sonders bei stärkeren Schalleindrücken die Tastempfindung
Ohrmuscheln je nach der Schallrichtung verschieden vert
diesen Tasteindrücken auf das äußere Ohr scheinen dann
pfindungen, die an die Schwingungen des Trommelfells gebu
maßgebendem Einflusse zu sein. Hierfür spricht namentlich d
dass rechts und links bei viel geringerer Schallstärke unters
als vorn und hinten, sowie dass bei den von vorn kom
strahlen die genaueste Richtungsunterscheidung stattfinde
schluss des einen Ohres stört die Richtungslocalisation.
eine Function des binauralen Hörens. Hierauf weist
stand hin, dass die Localisation dann besonders deutlich ist
Partialtöne des Schalls durch die Resonanz im Gehör
werden[3]. Zugleich hängt damit wahrscheinlich die Erschein
dass Geräusche, in denen in der Regel hohe resonanzgel

1) Ed. Weber, Berichte der kgl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzi
1851, S. 29.

2) Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) III, p. 455. J. v. Kries, Zeitschr.
d. S. I, S. 235 ff.

3) Steinhauser, Phil. Mag. (5) III, p. 181.

halten sind, genauer localisirt werden als einfache Klänge[1]). Uebrigens rden auch hier Tastempfindungen bei der Unterscheidung mitwirken, lem, abgesehen von den Tastempfindungen des äußeren Ohres, wahr-einlich auch die Schwingungen des Trommelfells sowie die Contrac-nen des Trommelfellspanners empfunden werden[2]).

Beruht nach allen diesen Erfahrungen die Richtungslocalisation des alls ausschließlich auf indirecten Motiven, in erster Linie auf be-itenden Tastempfindungen, in zweiter auf der Intensitätsvertheilung Schalls in beiden Ohren, so setzt die Entfernungslocalisation stets sociationen mit geläufigen Schallvorstellungen voraus; und wenn diese sociationen versagen, so fehlt sie entweder ganz oder ist von zufälligen rstellungsbildungen abhängig. Eine einigermaßen richtige Ortslocalisa-n ist demnach nur bei Schalleindrücken von bekannter Stärke möglich, der Ort der Schallquelle im allgemeinen in um so größere Entfernung rlegt wird, je geringer seine Empfindungsstärke ist; doch bleibt selbst diesem Fall die Localisation eine äußerst unbestimmte, und sie lässt h durch die willkürliche oder zufällige Lenkung der Aufmerksamkeit hohem Grade beeinflussen.

Die Frage, ob die Richtungslocalisation des Schalls eine directe, in ana-er Weise an die Schallempfindungen gebundene sei, wie die räumlichen stellungen des Gesichts- und Tastsinns an die Licht- und Tastempfindungen nüpft sind, oder ob sie, wie oben ausgeführt, nur mittelst indirecter tive zu Stande komme, ist in neuerer Zeit mehrfach erörtert worden. Für e directe Richtungslocalisation sprach sich namentlich Preyer[3]) aus auf Grund Versuchen, bei denen er auf den Kopf eine Schallhaube setzte, von der h den verschiedensten Richtungen Drähte ausgingen, an deren Enden schwache räusche hervorgebracht wurden. Aber für die Annahme Preyer's, dass den npullen der Bogengänge die Function zukomme, die Wahrnehmung bestimmter allrichtungen zu vermitteln, liegt in seinen eigenen Versuchen keineswegs Beweis vor, da dieselben lediglich die oben erwähnten Unterschiede in r Genauigkeit der Richtungslocalisation bestätigen, die sich aus der Tast-nction der Ohrmuscheln und Trommelfelle ableiten lassen. Das nämliche gilt n Münsterberg's[4]) Verfahren, der die Hypothese Preyer's dahin modificirte, ss er die Schalllocalisation aus den Muskelempfindungen ableitete, welche die Ampullenapparat reflectorisch ausgelösten Kopfbewegungen begleiten sollen.

---

1) Lord Rayleigh a. a. O.
2) Ed. Weber (a. a. O. S. 30) fand daher, dass die Localisation ungenau wurde, nn er die Ohrencanäle mit Wasser füllte. Ebenso fand Preyer (Pflüger's Arch. XL, 586 ff.) bei fehlendem Trommelfell zwar nicht Aufhebung, aber doch Abnahme der calisationsfähigkeit. Den nämlichen Erfolg wie bei Weber's Versuch sah Schmidekam per. Studien zur Physiologie des Gehörorgans. Diss. Kiel 1868, S. 15) eintreten, nn das Trommelfell von einem Luftraum umgeben blieb; doch werden auch hierbei hrscheinlich die Schwingungen bis zu einem gewissen Grade gehindert.
3) Pflüger's Archiv XL, S. 586 ff.
4) Beiträge zur exp. Psychologie, S. 182 ff.

Die eigenen Versuche MÜNSTERBERG's über die Unterschiedsempfi
Richtungslocalisation widerlegen, wie TITCHENER[1]) bemerkt hat,
da sich aus ihnen z. B. ergibt, dass in der Ruhestellung des K
nach vorn gerichtetem Blick sehr viel kleinere Verschiebun
richtung in horizontaler als in sagittaler Richtung erkannt werde
dem Einfluss der Ohrmuschel sehr leicht, aus Bewegungsreflexe
erklären lässt. Ebenso ist die Beobachtung von TARCHANOFF[2]) und U
dass gleich starke gleichzeitige Schallerregungen in beiden Ohre
ebene, solche von ungleicher Stärke dagegen auf der Seite des
localisirt werden, ohne weiteres aus den oben erwähnten ind
tionsbedingungen verständlich. Nicht minder weist auf die l
obachtung W. v. BEZOLD's[4]) hin, der nach Beseitigung einer
einseitigen Harthörigkeit längere Zeit hindurch Localisationsst
Sinne bemerkte, dass Schalleindrücke allzu weit nach der S
empfindlich gewordenen Ohres verlegt wurden.

Dreizehntes Capitel.

Gesichtsvorstellungen.

Der optische Apparat des Auges, welcher aus den
gelegenen durchsichtigen Medien der Hornhaut, der wässe
keit, der Krystalllinse und des Glaskörpers besteht, bewi
Brechung der von äußeren Objecten ausgehenden Lichtst
der Netzhaut ein umgekehrtes verkleinertes Bild entworfe
Bild zeigt gewisse Ungenauigkeiten, von denen wir hier
im allgemeinen auf die Bildung der Wahrnehmung ohne
renden Einfluss sind. Dasselbe fällt ferner nur dann gena
haut, wenn sich die Gegenstände in einer bestimmten,
Brechungszustand der optischen Medien entsprechenden
finden. Mittelst der Accommodation, bei welcher di
namentlich an ihrer vordern Fläche, stärker gewölbt wird,
Auge seinen Brechungszustand innerhalb gewisser Grenzen



1) MIND, Vol. XVI, 1891, p. 526.
2) St. Petersburger med. Wochenschrift, 1878, Nr. 43.
3) PFLÜGER's Archiv, XXIV, S. 579.
4) Ztschr. f. Psychol. u. Phys. d. S. I, S. 486.

iese Weise successiv auf Objecte von verschiedener Entfernung sich
llen [1]).
ie Existenz des Netzhautbildes ist die Grundbedingung für die durch
ehorgan vermittelte Auffassung der Welt in räumlicher Form. Jeder
ne Punkt der Netzhaut empfindet die Stärke und Wellenlänge der
effenden Lichtschwingungen gemäß den früher aufgestellten Gesetzen
tensität und Qualität des Lichtes. Alle diese elementaren Empfin-
n werden aber in Bezug auf den Sehenden räumlich geordnet.
geschieht bei allen Formen der Netzhauterregung, auch bei solchen,
e gar nicht durch die Lichtausstrahlung äußerer Objecte verursacht
wie bei den Druckbildern und elektrischen Lichtfiguren, die von
nischer und elektrischer Reizung des Auges herrühren, sowie bei den
ischen Erscheinungen, bei denen wir die Schatten im Auge vorhan-
undurchsichtiger Theile wahrnehmen. Ebenso verlegen wir die
ilder nach außen, gleich als wenn sie unmittelbar in äußeren Ge-
nden ihre Ursache hätten. Indem wir nun untersuchen, wie diese
näßige Beziehung der Netzhautbilder auf einen äußern Raum und
isgedehnte Gegenstände in demselben entsteht, wollen wir vorläufig
xistenz einer nach drei ebenen Dimensionen angeordneten Außen-
als gegeben voraussetzen. Unsere Aufgabe ist es, nachzuweisen, wie
ermittelst der Netzhautbilder diese Außenwelt reconstruiren. Wir
en also hier davon absehen, dass die Existenz der Außenwelt selbst
wesentlichen Theil ihrer Beglaubigung den Gesichtsvorstellungen
nmt. Um die einzelnen Momente, welche bei der Bildung dieser
llungen zusammenwirken, möglichst zu trennen, wollen wir 1) das
autbild des ruhenden Auges und die in diesem zur Bildung der Vor-
ng gelegenen Motive erwägen; hieran soll sich 2) die Betrachtung des
gten Auges und des Einflusses der Augenbewegungen anschließen,
f endlich 3) die durch die Existenz zweier in Gemeinschaft func-
ender Sehorgane gegebenen Bedingungen des Sehens zergliedert
en. Es bedarf übrigens kaum der Bemerkung, dass diese Trennung
aus künstlich und nur durch die Uebersichtlichkeit der Untersuchung
en ist. Das Auge ist von Anfang an ein bewegtes Organ, und es
onirt normaler Weise stets als Doppelauge.

[1]) Vergl. hierüber, sowie über die optischen Eigenschaften des Auges überhaupt
hrbücher der Physiologie.

1. Netzhautbild des ruhenden Auges.

Das Netzhautbild des ruhenden Auges kann naturgemä
Veränderungen erfahren, dass die äußeren Gegenstände sich
wechseln. Dies kann aber in doppelter Weise geschehen: es
ein und dasselbe Object sich bewegen und so auch im Netzl
Stelle ändern; und es kann zweitens vor einem bisher
jecte ein anderes auftauchen, durch welches das erste ga
weise verdeckt wird.

Die Lage des Netzhautbildes wird, ebenso wie die Gr
durch Linien bestimmt, welche man sich von allen Punkte
durch einen für jeden Accommodationszustand fest bestimn
Cardinalpunkt des Auges, den Knotenpunkt, nach der Ne
denkt[1]. Diese Linien sind die Richtungsstrahlen. D
ein Richtungsstrahl die Netzhaut trifft, ist der dem betref
punkt entsprechende Bildpunkt. Denken wir uns nun e
leuchtenden Objectpunkt im äußeren Raume wandern, so
ihm zugehörige Bildpunkt auf der Netzhaut, und zwar im ent
Sinne, sich bewegen. Hierbei kann die Empfindung nicl
ungeändert bleiben, da die Qualität eines jeden Lichteindruc
von der Mitte der Netzhaut auf die Seitentheile übergeht, s
ändert, wobei die Empfindlichkeit für Farbenunterschiede
jenige für Helligkeiten aber größer wird[2]. Diesen Verän
nun, als eine dritte, die in der Schärfe der räumlichen Auffa
Hier zeigt die Mitte der Netzhaut, welche wegen der gelbli
die sie beim Menschen besitzt, der gelbe Fleck (Macula l
sie etwas vertieft ist, die Centralgrube (Fovea centralis)
einen sehr auffallenden Vorzug vor den Seitentheilen, derc
schärfe um so mehr abnimmt, je weiter sie von der Cen
fernt liegen. Aus diesem Grunde sagt man von Objecten,

1) Streng genommen existiren zwei Knotenpunkte, von denen bei
des Auges für unendliche Entfernung der erste durchschnittlich 0,7
0,3602 mm vor der Hinterfläche der Krystalllinse gelegen ist. Da a
beiden Knotenpunkte einander sehr nahe liegen, so kann man denselben
Zwecke mit ausreichender Genauigkeit, einen einzigen substituiren, v
Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen bezeichnet wird, u
nach Listing 0,4764 mm vor der Hinterfläche der Linse annimmt.
Knotenpunkte zu Grunde, so müssen jedem Richtungsstrahl zwei l
werden, von denen die erste den Objectpunkt mit dem ersten Knoten
und die zweite der ersten parallel vom zweiten Knotenpunkt zur Netzh

2) Siehe I, S. 371 und 381.

gelben Fleck der Netzhaut abbilden, dass sie direct gesehen werden,
end man alle seitlich gelegenen Bilder als indirect gesehene be-
net. Denjenigen direct gesehenen Punkt, dessen Bild genau in der
der Centralgrube liegt, nennt man den Fixations- oder Blickpunkt.
lem Fixationspunkt entsprechende Richtungsstrahl wird die Gesichts-
genannt, die durch denselben Punkt und den Drehpunkt des Auges
ene Linie heißt die Blicklinie. Beide Linien fallen so nahe zu-
en, dass sie als identisch betrachtet werden können. Objecte direct
hen steht bei normalem Auge in der Macht des Willens, da man
ben zu diesem Zweck nur zu fixiren, d. h. die Gesichts- oder Blick-
auf sie einzustellen braucht; alle Willkürlichkeit unserer Augenbe-
ngen besteht aber darin, dass wir den Fixationspunkt des Auges im
e bestimmen. Schwieriger ist es, die auf den Seitentheilen der
aut sich abbildenden Objecte zu beobachten, weil wir gewohnt sind,
egenstände, auf welche sich unsere Aufmerksamkeit richtet, zugleich
iren, und umgekehrt alles was wir nicht direct sehen unbeachtet zu
. Beim indirecten Sehen muss man diese natürliche Verbindung von
erksamkeit und Fixation der Objecte zu lösen suchen, indem man
bject fixirt, während man gleichzeitig einem andern, das im Bereich
ndirecten Sehens liegt, seine Aufmerksamkeit zuwendet. Vergleicht
nun auf diese Weise zwei Objecte von gleicher Beschaffenheit, z. B.
kleine weiße Kreise auf schwarzem oder zwei schwarze auf weißem
le, so bemerkt man, dass der indirect gesehene vom direct gesehenen
sich ähnlich unterscheidet, wie das Bild im nicht accommodirten
m accommodirten Auge. Der indirect gesehene Punkt erscheint unbe-
ter begrenzt. Größere Objecte können daher in Bezug auf ihre Form,
und Begrenzung im indirecten Sehen nur undeutlich aufgefasst werden.
enauere Vergleichung des indirecten mit dem directen Sehen lässt sich
sführen, dass man zwei dunkle Fäden oder Punkte vor einem hellen
rgrunde anbringt und deren Distanz allmählich vermindert, bis die
e erreicht ist, wo dieselben in einen Faden oder in einen Punkt
menzufließen scheinen. Statt dessen kann man auch die Distanz der
te ungeändert lassen, dagegen das Auge allmählich in so große Ent-
ng bringen, dass in Folge der abnehmenden Bildgröße auf der Netz-
die Objecte verschmelzen. Hierbei müssen die Objecte selbst immer
r genommen werden, auf je weiter seitlich gelegene Theile der Netz-
man ihr Bild fallen lässt, damit sie noch wahrnehmbar seien. Man
so, dass für ein geübtes Auge zwei um 1 mm von einander ab-
nde Linien in directem Sehen erst in einer Entfernung von 2,5 bis
eter verschmelzen[1]. Dies entspricht einem Winkel der Richtungs-

[1] Meinem eigenen Auge verschmelzen Linien von 3,5 mm Breite und 1,083 mm

strahlen von ungefähr 90—60 Secunden oder einer
0,006—0,004 mm. Durch längere Uebung kann jedoch di
noch etwas vermindert werden. So konnte VOLKMANN
Umständen noch Lichteindrücke unterscheiden, deren E
Netzhautbilde von 0,0007 mm entsprach[1]).

Viel größere Zwischenräume müssen zwischen den
zweier Objecte gelegen sein, wenn diese im indirecten
ander getrennt werden sollen. Zwei Quadraten, die aus
betrachtet wurden, und deren jedes eine Seitenlänge v
mussten von AUBERT im Netzhautbilde folgende Entfern
werden, wenn sie noch getrennt werden sollten.

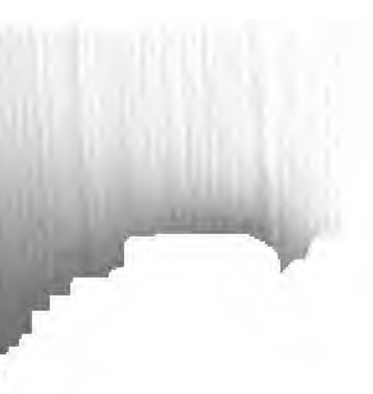
Abstand der Bilder von der Netzhautmitte	Gegenseitige Entfe der Bilder
2° 40′	3′27″
3° 30′	6′58″
5°	17′11″
7°	34′22″
8° 30′	1° 9′

Noch viel rascher sinkt die Unterscheidungsfähigkeit b
licher Verschiebung der Objecte: bei einem Abstand vo
1/10, bei 30—40° auf 1/100 der Sehschärfe im directen Seh
folgt dies nach den verschiedenen Meridianen, die man
Netzhautmitte gelegt denken kann, mit etwas verschiedene
keit, und pflegen in letzterer Beziehung sogar die beiden A
desselben Beobachters von einander abzuweichen: im allg

Distanz in 2870 mm Entfernung, was einem Gesichtswinkel von 77,7″
man die Fäden feiner, so nimmt dadurch der Gesichtswinkel, unter
getrennt werden können, zu. VOLKMANN konnte daher sehr feine S
unterscheiden, als ihr Gesichtswinkel 80,4—147,5″ betrug. Die nä
AUBERT für anders geformte Objecte, z. B. Quadrate, bestätigt (Physiol
S. 228). Als Grund dieser Erscheinung muss wohl der Umstand a
dass feinere Objecte sich minder deutlich von ihrem Hintergrund a

1) VOLKMANN, Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik,
die Netzhautgrube eine gewisse Ausdehnung besitzt, werden übri
schon Unterschiede der Unterscheidungsfähigkeit vorkommen. Hiera
BERGMANN (Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. II, S. 88) und HELMHOLTZ (Phys
beobachtete Erscheinung hindeuten, dass ein Gitter aus schwarzen
der Entfernung sich nähert, wo die Unterscheidbarkeit aufhört, zuweil
brettartiges Muster aussieht, indem einzelne Theile der Stäbe schon
während andere noch getrennt werden.

2) Zugleich scheint dieselbe im indirecten Sehen in noch höhe
directen von der Größe und Deutlichkeit der Objecte abhängig zu s
und FOERSTER konnten größere Quadrate leicht noch in einer Distanz
der kleinere bereits in einen Eindruck zusammenflossen. Vgl. AUB
SNELLEN und LANDOLT, in GRAEFE und SAEMISCH's Handbuch, III, 1, S.
Das Distinctionsvermögen der peripheren Theile der Netzhaut. Dis
SCHADOW, PFLÜGER's Archiv, XIX, S. 439.



ntale Netzhautmeridian in weiterem Umfang einer gewissen Schärfe
Unterscheidung fähig als der verticale[1]). Außerdem bemerkt man
indirecten in noch höherem Grade als beim directen Sehen, dass
die Unterscheidungsschärfe durch Uebung vervollkommnet.

)a der Durchmesser der in der Centralgrube der Netzhaut liegenden
n nach den Messungen von H. Müller, M. Schultze und W. Krause
5—0,0030 mm beträgt, so scheint hiernach die Sehschärfe im directen
in der Regel etwa dem Durchmesser von zwei Zapfen zu ent-
hen, in günstigen Fällen aber bis auf den Durchmesser eines Zapfens
darunter zu sinken. In Uebereinstimmung hiermit fand Claude du
Reymond, dass sich gleichmäßig auf einer Fläche vertheilte Licht-
e zu leuchtenden Linien vereinigten, wenn ihre auf die Flächenein-
kommende Anzahl der halben Anzahl der auf die entsprechende
eneinheit des Netzhautbildes kommenden Zapfen gleich war, und
die Punkte in einen nach allen Richtungen diffusen Eindruck ver-
olzen, wenn ihre Anzahl im Netzhautbilde die der Zapfen erreichte[2]).
Rande der Centralgrube fällt, wie Th. Wertheim bei Anwendung der-
n Methode fand, die Sehschärfe steil ab, doch bestätigt sich auch
as indirecte Sehen die Regel, dass sich zuerst bei einer bestimmten
nz die Lichtpunkte zu Linien, und dann erst bei doppelt so dichter
dnung in eine leuchtende Fläche vereinigen[3]).

Nach allen diesen Ergebnissen lässt sich nicht wohl annehmen, dass
ehschärfe im directen wie im indirecten Sehen durch den Durchmesser
die Dichtigkeit der Zapfen und Stäbchen unveränderlich bestimmt sei.

Aubert, a. a. O. S. 246.

Claude du Bois-Reymond, Ueber die Zahl der Empfindungskreise in der Netz-
Diss. Berlin 1881. Freilich sind die Grundlagen dieser Berechnung nicht unbe-
n. Sie bestehen in den mikroskopischen Zählungen F. Salzer's (Wiener Sitzungs-
, LXXXI, S. 7), der auf 0,001 qmm der Fovea centr. 132—138 Zapfen fand.
ause hält aber die von Salzer angewandte Methode für unzuverlässig, und er
t seinerseits die Anzahl doppelt so groß. (W. Krause, Arch. f. Ophthalm. XXVI, 2,
.) Das Verhältniss der sämmtlichen Opticusfasern zur Gesammtzahl der Zapfen
t Salzer auf 1 : 7,67, womit auch Krause annähernd übereinstimmt. Hinsichtlich
bsoluten Anzahl der Fasern und der Zapfen differiren aber beide Beobachter sehr
tend, da Salzer die ersteren auf etwa ½ Million, die letzteren auf 3—3,6 Mill.,
e jene auf 1 Mill., diese auf 7 Mill. schätzt. Physiologische Folgerungen lassen
auf diese Zahlenverhältnisse nicht gründen. Zum Theil beruht der Ueberschuss
asern jedenfalls darauf, dass, wie schon M. Schultze beobachtete, aus einem
immer mehrere Fasern hervorkommen; außerdem sind aber auch die Stäbchen
ngspunkte von Opticusfasern, wenngleich sie, wie die relativ viel geringere Anzahl
pticusfasern, die sich in die Seitentheile der Netzhaut begeben, schließen lassen,
nervenärmer sind, so dass sich vielleicht mehrere Fasern auf ein Stäbchen ver-
n. Endlich ist nicht zu übersehen, dass durch die neueren Nachweise über das
mmen centrifugal leitender Fasern im Sehnerven eine einfache Beziehung zwi-
den so genannten Seheinheiten der Netzhaut und den Nervenfasern, wie sie
früher vermuthet wurde, nicht existiren kann.

Wertheim, Arch. f. Ophthalm. XXXIII, 2, S. 137 ff.

Doch scheint allerdings in der Netzhautgrube, wo die Zap
an einander stoßen, der Durchmesser derselben die Gr
reicht werden kann, die aber wohl beim gewöhnliche
erreicht wird, annähernd zu bezeichnen[1]). Das Sinken der
den Seitentheilen der Netzhaut erklärt sich wohl hauptsäc
Ueberhandnahme des zwischen den percipirenden Eleme
interstitiellen Gewebes; einen gewissen Antheil daran hat aber
der Mangel an Uebung. Die zahllosen kleinen Lücken, w
Mosaik empfindender Elemente durchbrechen, werden aber
Lücken im Sehfelde wahrgenommen, sondern über jede er
Empfindung der Elemente, zwischen denen sie liegt; sie v
nur nach Maßgabe ihrer Größe die Schärfe der Auffassung

Der Einfluss, den die Ordnung der Zapfen und St
Schärfe des Sehens ausübt, lässt, da die Unterscheidung räum
Eindrücke immer zugleich mit einer Auffassung ihres L
verbunden sein muss, von vornherein einen gleichzeitigen
gegenseitige Orientirung der Punkte im Sehfeld voraussetze
ist aber dieser bei normalen Bedingungen des Sehens ni
nachzuweisen; denn das normale Verhalten besteht gerade
wechselseitige Orientirung der lichtempfindlichen Elemente
liche Lageverhältniss der Punkte im Raum einander vollst
sind. Um so auffallender tritt dagegen jener Einfluss he
Folge pathologischer Veränderungen der Netzhaut oder der u
den Aderhaut die Netzhautelemente an einzelnen Stellen
gedrängt werden. Es entstehen dann Abweichungen in
räumlicher Formen (Metamorphopsien), welche der Regel f
Eindrücke so localisirt werden, wie es der früheren norm
dislocirten Retinaelemente entspricht. Es können daher nur
gekrümmt oder geknickt erscheinen, oder es können die Obj
oder verkleinert gesehen werden, ersteres wenn die Stäbch
dichter an einander gedrängt, letzteres wenn sie aus ei
werden[2]). Dagegen entsteht auch in diesem Falle, ähnlic
normaler Weise auf den Seitentheilen der Netzhaut vorha
pfindlichen Stellen, niemals die Vorstellung einer Lücke im S
so wenig tritt diese ein, wenn eine Netzhautstrecke ganz f
wird, sondern es erscheint dann die erblindete Stelle, sob

1) Wenn Volkmann, wie oben bemerkt, gelegentlich auch Punkte
unter dem Durchmesser eines Zapfens liegen, so kann dies wo
werden, dass sich hierbei die Bildpunkte den Grenzlinien zweier an ei
Zapfen näherten.

2) Vergl. Leber, in Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenh
und die dort S. 619 angef. Literatur.



·grenzenden empfindenden Elemente ihre ursprüngliche Entfernung bei-
·halten, in der nämlichen räumlichen Ausdehnung wie früher und in
:r Regel zugleich in der Lichtbeschaffenheit ihrer Umgebung, also hell
:i heller, dunkel bei dunkler, farbig bei farbiger Beleuchtung des Gesichts-
ldes[1]).

In dieser Beziehung gleicht solchen erworbenen Lücken im Sehfelde
ıllständig in jedem Auge jene Stelle der Netzhaut, die der Eintrittsstelle
·s Sehnerven entspricht, der blinde Fleck. Diese Stelle, an der die
äbchen und Zapfen sowie alle andern nervösen Elemente mit Ausnahme
:r Opticusfasern vollständig fehlen, hat einen ungefähren Durchmesser
ın 6° oder 1,5 mm, und ihre Mitte liegt etwa 15° oder 4 mm gerade
ıch innen vom Centrum des gelben Flecks entfernt[2]). Wegen der um-
:kehrten Lage des Netzhautbildes werden daher Objecte, die in der ent-
ırechenden Entfernung nach außen vom Fixationspunkte liegen, nicht
ahrgenommen, sobald sie in den Bereich des blinden Flecks fallen.
ixirt man z. B., während das rechte Auge geschlossen ist, mit dem linken
ıs Kreuzchen in Fig. 145 und hält das Buch in etwa 1 Fuß Entfernung,



Fig. 145.

ı verschwindet der Kreis vollständig. Sobald man nur um weniges das
uge näher oder ferner bringt, so taucht derselbe wieder auf. E. H. Weber
nd verschiedene andere Beobachter haben bemerkt, dass, wenn man eine
egelmäßige Figur, z. B. eine Kreislinie, in der an einer Stelle eine Lücke
eblieben ist, im indirecten Sehen betrachte, man die vollständige Kreis-
nie zu sehen glaube, sobald die Lücke in den blinden Fleck falle[3]). Bei

1) Solche Defecte der Netzhaut werden nach einer von A. Foerster eingeführten
erminologie von den Ophthalmologen als negative Skotome bezeichnet. Die »posi-
ven Skotome«, permanent beschattete und darum stets dunkel aussehende Stellen des
ehfeldes, sind hier ohne Interesse. Zuweilen kann übrigens auch, wie ich an einer
linden Stelle meines eigenen Auges beobachtete, bei schwacher farbiger Beleuchtung
as negative Skotom in der Complementärfarbe erscheinen. Vgl. I, S. 553, Anm. 1.

2) Genauere Maßangaben siehe bei Helmholtz, Physiol. Optik, S. 212, 2. Aufl. S. 253,
nd Aubert, Physiologie der Netzhaut, S. 258.

3) E. H. Weber, Sitzungsber. der kgl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig 1853, S. 149.
olkmann, ebend. S. 27. v. Wittich, Archiv f. Ophthalmologie, IX, 3. S. 9.

geschärfter Aufmerksamkeit verschwinden jedoch diese Er
und man bemerkt nun deutlich, dass die Conturen einer Ze
nur theilweise auf den blinden Fleck fällt, an der Stelle
unterbrochen werden. Es wird nun die blinde Stelle nur n
gleichmäßigen Hintergrund, auf dem sich die Zeichnung befi
füllt. Ebenso verschwinden auf derselben die Typen einer
um die scheinbar leere Papierfläche zurückzulassen. Ist der
auf dem sich die Objecte befinden, farbig, so erscheint na
schwinden der Objecte auch die blinde Stelle in der Farbe
grundes. Doch ist in diesem Fall die Lichtbeschaffenheit etwas
als bei farbloser Beleuchtung. Man kann sich hiervon leicht
wenn man in der obigen Fig. 145 an Stelle des schwarzen
Hintergrund wählt. Bringt man in derselben rechts und lin
großen weißen Kreise zwei kleinere Kreise an, so kann
bewirken, dass die letzteren auf sehende Stellen fallen,
große Kreis verschwindet. Man bemerkt dann deutlich, das
bare Distanz der kleinen Kreise völlig unverändert bleibt, o
Kreis auf den blinden Fleck fällt oder nicht. Indem wir al
Stelle mit der dem vorherrschenden Lichteindruck des gan
entsprechenden Empfindung ausfüllen, besitzt diese Stelle
unser Sehen denselben räumlichen Werth wie irgend eine an
Stelle der Netzhaut[1]). In dieser Hinsicht verhält sich dahe
Fleck vollständig analog jenen kleineren Lücken im Sehfelde
der spärlicheren Anordnung der empfindenden Elemente her

Die Erscheinungen des indirecten Sehens sowie die B
über den blinden Fleck lehren, dass das empfundene Netz
weit größere Ungenauigkeiten darbietet als das auf der N
entworfene, welches von dem objectiven Beobachter wahrgenom
kann. Jenes subjective Netzhautbild, welches uns allein zu

1) In Bezug auf das Verschwinden einzelner Theile von Objecten
blinden Fleck fallen, kann ich mich hiernach den ähnlichen Angab
(Physiologie der Netzhaut, S. 257) und von HELMHOLTZ (Physiol. Optik, S. 5
An einer central gelegenen blinden Stelle meines rechten Auges beo
nämlichen Erscheinungen. Wenn übrigens AUBERT bemerkt, dass er
Stelle überhaupt nichts sehe, und HELMHOLTZ dieselbe mit derjenigen
feldes vergleicht, die sich hinter unserm Rücken befindet (a. a. O. S.
mir dies keine zutreffende Beschreibung der Thatsachen zu sein. Man
Stelle entschieden anders, wenn man wie oben einen weißen Kreis
Grunde, als wenn man umgekehrt einen schwarzen Kreis auf weißem
überhaupt ist die blinde Stelle für die extensive Wahrnehmung
Bedeutung wie irgend eine sehende Stelle. Ihr Inhalt wird aber von
der Umgebung und namentlich von der gleichförmigen Beleuchtung de
genommen. Dass eine solche Ausfüllung nur auf einem centralen V
kann, ist selbstverständlich; ebenso weisen auf diesen die oben (S. 108 An
Contrasterscheinungen hin, die ich an meinem erworbenen blinden Fle



ußenwelt dient, ist nur an der Stelle der Netzhautgrube ziemlich : seitlich davon wird es immer verwaschener und an einer Stelle, es blinden Flecks, ist es in ziemlich weitem Umfange ganz unteren. Wenn diese Ungenauigkeiten wenig unsere Wahrnehmung stören, rdanken wir dies in erster Linie den nachher zu schildernden Beıgen des Auges, bei denen wir diejenigen Gegenstände, denen nsere Aufmerksamkeit zuwendet, successiv fixiren, so dass sie auf Stelle des schärfsten Sehens sich abbilden. Von wesentlicher Beng ist aber außerdem die soeben hervorgehobene Ausfüllung der nicht ren Stellen mit den Empfindungen, welche von den zwischen ihnen nen reizbaren Elementen ausgehen. Obgleich in unserer Netzhaut npfindenden Elemente mosaikartig angeordnet und stellenweise weit nicht-empfindende Theile getrennt sind, so erscheint uns doch unser d in ununterbrochenem Zusammenhang. Aus dieser Erfahrung folgt endig, dass unsere Lichtempfindung nicht unmittelbar die räumliche Form besitzen kann. Wäre dies der Fall, ssten die nicht reizbaren Stellen der Netzhaut entweder als Lücken hfelde wahrgenommen werden oder bei der räumlichen Auffassung esichtsobjecte ganz außer Betracht bleiben. Dass ersteres nicht get, lehrt, wie gesagt, die unmittelbare Erfahrung. Dagegen ist letzzuweilen behauptet worden. Hierbei übertrug man die Annahme mpfindungskreisen in dem früher (S. 13 f.) besprochenen Sinne vom rgan auf das Auge, indem man jeden Empfindungskreis als äquivalent äußeren Raumpunkt betrachtete. Aber wie im Gebiete des Tastso widerspricht auch beim Auge die Erfahrung durchaus jener Ane. Wir sind weit entfernt, die Distanzen zweier Linien von erheblich hiedener Länge, die im directen und im indirecten Sehen verglichen en. für gleich zu halten; vielmehr erkennen wir deutlich die indirect ene als größer, wenn sie größer, als kleiner, wenn sie kleiner s die direct gesehene, und diese Unterschiede bleiben merklich gleich, vir auch beide mit einander vertauschen mögen. Ebenso erscheinen wei gleich große Kreisflächen im directen und indirecten Sehen unr gleich groß, während doch die indirect gesehene viel kleiner ernen müsste, wenn wirklich jedes empfindende Element einem Raume äquivalent wäre, alle nicht empfindenden Theile aber in der hauung ignorirt würden[1]).

---

[1]) Nur wenn die Unterschiede der im directen und indirecten Sehen verglichenen zen sehr klein sind, entgehen sie uns wegen der geringen Schärfe des indirecten s begreiflicherweise leichter, als wenn die verglichenen Objecte beide direct n werden. Auch besteht die Neigung, indirect gesehene Distanzen gegenüber gesehenen um ein weniges zu unterschätzen, doch erklärt sich dies leicht daraus,

Außer durch seine Bewegung auf der Netzhautfläche
im ruhenden Auge dadurch Veränderungen erfahren, das
sehenen Objecte ein zweites auftaucht, durch welches das
wird (S. 98). Angenommen die beiden Objecte seien punkt
wenn das Auge sich auf den zweiten Punkt accommodirt, d
kreis des ersten Punktes, auf welchen es nicht mehr accom
allen Seiten den zweiten umgeben. Nun wird der in da
Lichtkegel durch die als Blendung wirkende Iris begrenzt: d
kreis hat daher die Form der Pupille, und die Mitte de
bei accommodirtem Auge den Bildpunkt abgibt, entspricht
Mittelpunkt der Pupille. Wird demnach ein ferner Punkt
näheren verdeckt, dass jener nur noch im Zerstreuung
werden kann, so müssen offenbar beide Punkte in eine
liegen, die den Bildpunkt auf der Netzhaut und den
Pupille schneidet. In der gleichen Richtung müssen wir
nach außen verlegen. Aus diesem Grunde nennt man di
eine **Visirlinie**. Alle in einer Visirlinie gelegenen Punk
im Netzhautbilde mit den Mittelpunkten ihrer Zerstreuun
jenige Visirlinie, welche vom Netzhautcentrum ausgeht,
Hauptvisirlinie; sie fällt mit der Gesichtslinie, dem
strahl, s
men, das
Unterschie
sten Zwe
sigt werd
Mittelpunk
in welche
sirlinien s
man den

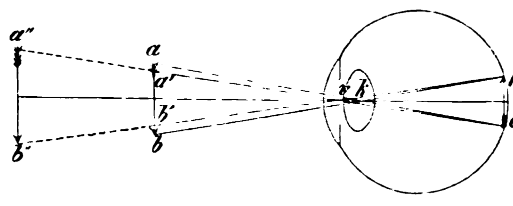


Fig. 146.

punkt der Visirlinien. Derselbe ist, wie man hieraus
Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen verschieden. Wäh
Richtungsstrahlen die Lage und Größe des Bildes auf u
wird durch die Visirlinien die Richtung bestimmt, in we
Bild nach außen verlegen. Die Grenzpunkte eines Objects
von welchem ein Bild $\alpha\,\beta$ auf der Netzhaut entworfen w
also nicht bei a und b, sondern bei a' und b', gemäß d
Visirlinien. Für ferne Objecte fallen übrigens die Richtu

dass die Enden einer indirect gesehenen Linie häufig auf nicht e
fallen werden, und jedenfalls sind solche Unterschätzungen von vers
Größe im Vergleich mit der Größe der nicht empfindenden Interva
theilen der Netzhaut.

'isirlinien so nahe zusammen, dass der Unterschied vernachlässigt en kann. Den Winkel $a' v b'$, welchen die von den Grenzpunkten Netzhautbildes gezogenen Visirlinien mit einander bilden, nennt man Gesichtswinkel. Er ist für uns im allgemeinen das Maß der ße eines Gegenstandes. Den Objecten, die unter gleichem Gesichts-el gesehen werden, entsprechen Netzhautbilder von gleicher Größe. Erfahrung lehrt nun aber, dass wir trotzdem keineswegs alle Objecte gleichem Gesichtswinkel für gleich groß halten. Vielmehr erscheint von verschiedenen Objecten mit gleichem Gesichtswinkel dasjenige er, welches wir in weitere Entfernung verlegen. Wird z. B. dasselbe hautbild $\alpha\ \beta$ (Fig. 146) zuerst nach $a'\ b'$ und dann nach $a''\ b''$ verlegt, scheint es im ersten Fall kleiner, im zweiten größer als das wirk- Object $a\ b$. Die Vorstellung der Größe setzt also außer dem Ge-swinkel die Hülfsvorstellung der Entfernung des Gegenstandes vor- Zur Gewinnung der letzteren steht aber dem visirenden Auge nur ein unsicheres Mittel zu Gebote, die Accommodation. Indem wir suc- für Gegenstände von verschiedener Entfernung accommodiren, können einigermaßen den näheren von dem ferneren unterscheiden. Aber ns besitzen wir dieses Hülfsmittel nur innerhalb der Accommodations-zen, und zweitens ist dasselbe sehr mangelhaft, wie daraus hervor- dass das bloß auf seine Accommodation angewiesene Auge Entfer-sunterschiede viel unvollkommener als das ohne solche Beschränkung ionirende Sehorgan auffasst [1]).

[1]) Um den Einfluss der Accommodation auf die Vorstellung der Entfernung zu nmen, brachte ich vor einem gleichförmig weißen Hintergrunde in verschiedenen zen einen schwarzen Faden an, auf welchen das Auge durch eine innen ge-ärzte Röhre blickte. (Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 105 ff.) ndes sind die Zahlen einer so gewonnenen Versuchsreihe:

Entfernung	Unterscheidungsgrenze für Annäherung	Entfernung
250 cm	12 cm	12 cm
220 -	10 -	12 -
200 -	8 -	12 -
180 -	8 -	12 -
100 -	8 -	11 -
80 -	5 -	7 -
50 -	4,5 -	6,5 -
40 -	4,5 -	4,5 -

ntersuchte Auge hatte ein beschränktes Accommodationsvermögen: sein Fernpunkt 50, sein Nahepunkt 40 cm entfernt. Hieraus ist zugleich ersichtlich, dass wir lst der Accommodation die Annäherung eines Objectes etwas genauer auffassen als Entfernung, was sich wohl aus der activen Muskelwirkung, welche die erstere itet, erklärt. Bei abnormen Brechungszuständen des Auges ist, wie Hilcker bei usführung analoger Versuche an zahlreichen Individuen fand, die Entfernungs-zung eine unvollkommenere, und der Unterschied zwischen Annäherung und Ent-

Die Fläche, in welche das ruhende Auge alle gleichz
Punkte in der Richtung der Visirlinien verlegt, nennen w
des ruhenden Auges. In ihm wird der Abstand der e
von einander durch den Gesichtswinkel bemessen. Aber da
in welche sich die einzelne Visirlinie erstreckt, unbestimm
dieses Sehfeld an sich eine Fläche von unbestimmter Fo
nach den Seiten hin wegen der abnehmenden Empfindlichk
bestimmte Grenzen hat. Diese Grenzen sind, von der d
mit der Mitte der Pupille verbindenden Hauptvisirlinie an
den Messungen von FOERSTER und LANDOLT:

nach außen 70—85°	130—135°		nach oben 45—55°	
nach innen 60—50°			nach unten 65°	

Die Stelle des deutlichsten Sehens liegt demnach nicht v
Mitte des Gesichtsfeldes, sondern nach innen und oben
dagegen nimmt der blinde Fleck ziemlich genau die Mitt
man durch Drehungen des Kopfes die Beschränkungen dur
knochen, so werden die Grenzen erheblich weiter. In d
LANDOLT:

nach außen 85°	160°	nach oben 78°	
nach innen 75°		nach unten 78°	

Obgleich die bisher besprochenen Eigenschaften des
zweifellos wesentliche Elemente der Gesichtsvorstellung i
so sind sie doch für sich allein genommen nicht genüge
vermitteln. Weder enthält die Lage des optischen Bildes
noch die Richtung der Visirlinien, die wir aus der Verbind
der Punkte im Sehfelde gewinnen, hierfür zureichende M
empfundene Netzhautbild, wenn wir damit die Mosaik
dungen bezeichnen dürfen, welche aus der Erregung der
baren Netzhautelemente entsteht, ist durchaus verschieden
Bild des Gegenstandes, welches unsere Vorstellung in de
zeichnet. Die letztere füllt die Lücken des empfundenen
sie übersieht großentheils die Ungenauigkeiten desselbe
pherischen Theilen. Der Gesichtswinkel aber ist nur e
räumlichen Größenvorstellung, welches für sich genomm
bleibt. Alles dies weist darauf hin, dass unsere Vors



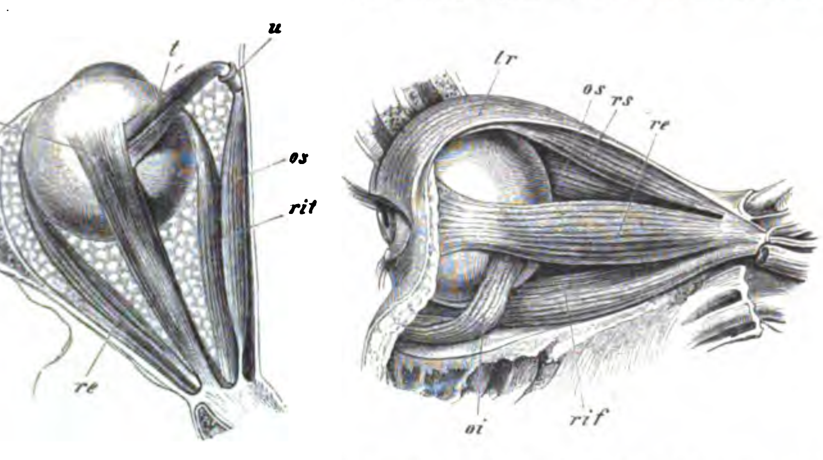
fernung tritt weniger hervor; ebenso beeinträchtigt die Ermüdung
die Unterscheidung. (W. HILCKER, Versuche über die Fähigkeit der S
Tiefendimension etc. Diss. Marburg 1889.)

1) SNELLEN und LANDOLT a. a. O. S. 58.

mittel bedarf, welche vor allem in der Bewegung des Auges ge-
n sind.

2. Bewegungen des Auges.

Die Bewegungen des Auges sind im allgemeinen Drehungen um einen r Augenhöhle fest liegenden Punkt. Dislocationen des Augapfels, durch Auspolsterung der Augenhöhle mit Fett, Bindegewebe und anderen er comprimirbaren Massen erschwert, können nur ausnahmsweise statt-n, so dass sie bei den normalen Bewegungen außer Betracht bleiben.



7. Die Muskeln des linken mensch- Auges, von oben gesehen. *rs* Rec- uperior. *re* Rectus externus. *rit* s internus. *os* Obliquus superior. ne dieses Muskels. *u* Knorpelrolle r innern Wand der Augenhöhle, velche die Sehne des Obliquus sup. geschlungen ist.

Fig. 148. Die Muskeln des linken menschlichen Auges, von außen gesehen. *lr* Heber des oberen Augenlids (Levator palpebrae superioris), den Rectus superior bedeckend. *rs, re, os* wie in der vorigen Fig. *rif* Rectus inferior. *oi* Obliquus inferior.

Drehpunkt des Auges liegt nach den Messungen von Donders mm hinter dem Hornhautscheitel, demnach etwa 1,29 mm hinter der der vom Hornhautscheitel durch den Knotenpunkt gelegten optischen naxe[1]. Die Drehungen um diesen Punkt werden durch sechs Mus- bewerkstelligt, von denen je zwei, welche als Antagonisten wirken, Muskelpaar bilden. Die drei Muskelpaare, welche man auf diese se unterscheidet, sind: der äußere und innere gerade Muskel us externus und internus), der obere und untere gerade Muskel us superior und inferior) und der obere und untere schräge

[1]) Donders, Anomalien der Refraction und Accommodation. Wien 1866, S. 156 f.
. auch Weiss, Arch. f. Ophth., XXI, 2, S. 132.

Muskel (Obliquus superior und inferior). Das erste diese
gebildet durch den äußeren und inneren geraden Muskel (*r e*
liegt nahezu in der durch den Drehpunkt des Auges gelegt
ebene[1]). Beide Muskeln zeigen eine genaue Symmetrie
darum auch der Wirkung. Die Axe, um welche dieselben für
drehen würden, steht im Drehpunkt auf der annähernd horizo
ebene senkrecht. Der äußere dreht um diese Axe den
außen, der innere nach innen; dabei behält der durch die N
horizontale Meridian, den wir, da er noch öfter zur Feststell
tirung des Auges Verwendung findet, kurz den Netzh
nennen wollen, seine horizontale Richtung bei. Der obere und
Muskel (*r s*, *r if*, Fig. 148), welche zusammen das zweite Mus
liegen ebenfalls fast
einer Ebene, also ann
symmetrisch, aber di
eine schräge Lage, in
der Muskeln am Augap
außen gelegen ist al
am Rande des Sehne
Fig. 147). Ihre Drehun
rum nicht mit der du
punkt gelegten Hori
sammen, sondern wei
ben um ungefähr 30
Demnach behält auch
horizont, während de
das Auge nach obe
nach unten dreht, sei
bei, sondern er wi

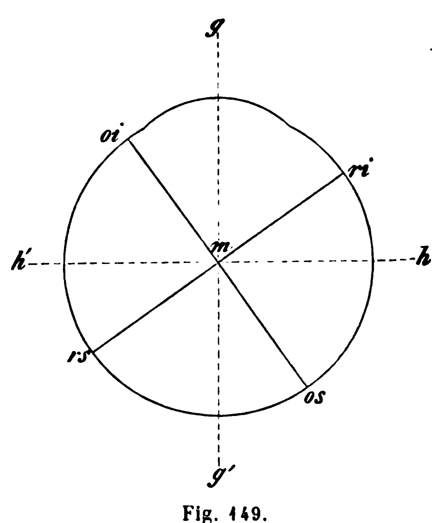


Fig. 149.

gegen die Horizontalebene gedreht, so dass er mit seiner
gerichteten Hälfte im ersten Fall sich über den Horizont erhe
Fall unter denselben sinkt. Eine solche Drehung, bei der
linie (g g' Fig. 149) als fest bleibende Axe erscheint, bezeic
als Rollung oder Raddrehung des Auges, und der
chen dabei der Netzhauthorizont mit seiner ursprüngliche
Lage bildet, ist der Rollungs- oder Raddrehungswin
wir uns also den oberen oder unteren geraden Muskel a

1) Die Ursprungspunkte beider Muskeln liegen übrigens bei vollk
taler Haltung des Kopfes ein wenig höher als die Ansatzpunkte,
Messungen um 0,6 mm. Daraus folgt, dass die Muskelebene mit ihre
etwas unter die Horizontalebene geneigt ist.

ırde mit der Hebung und Senkung des Augapfels, die sie bewirken, r zugleich eine Rollung desselben verbunden sein. Am meisten t endlich die Lage der beiden schrägen Muskeln ab (*o s*, *o i*). Die ngsaxe derselben bildet nämlich ungefähr einen Winkel von 52° mit lurch den Drehpunkt gelegten Horizontallinie, liegt also von dieser r entfernt als von der gerade nach vorn gerichteten Gesichtslinie, er sie nur einen Winkel von etwa 38° einschließt (Fig. 149). Beide ln unterscheiden sich ferner dadurch, dass derjenige Ursprungspunkt beren schiefen Muskels, der für seine Wirkung allein in Betracht t. nämlich die Stelle, wo derselbe über seine Rolle gleitet (*u* Fig. 147), vorn vom Ansatzpunkt seiner Sehne am Augapfel gelegen ist; ebenso ringt der untere schiefe Muskel an einer nach vorn liegenden Stelle odens der Augenhöhle (*o i* Fig. 148). Bei den schrägen Muskeln ist das Verhältniss der Ursprungs- und Ansatzpunkte genau das umge- e wie bei den geraden. In Folge dessen verhalten sie sich auch in auf die Hebung und Senkung des Augapfels entgegengesetzt den rechend gelagerten geraden Muskeln: der Obliquus superior senkt uge, und der Obliquus inferior hebt dasselbe. Dabei dreht zu- der erstere den Netzhauthorizont im selben Sinne wie der obere e, der zweite im selben Sinne wie der untere gerade Muskel. Dem- lässt das Verhältniss der Obliqui zu dem oberen und unteren geraden el kurz so sich feststellen: der Obliquus superior unterstützt den s inferior bei der Senkung der Gesichtslinie, aber er wirkt ihm ent- in Bezug auf die Rollung des Auges um die Gesichtslinie; der Obliquus or unterstützt den Rectus superior bei der Hebung des Auges, aber rkt ihm bei der Rollung entgegen. Man übersieht diese Verhältnisse infachsten, wenn man auf einem durch den Drehpunkt (*m* Fig. 149) den Horizontalschnitt des Augapfels die Drehungsaxen der Muskel- projicirt. Die Drehungsaxe des äußern und innern geraden Muskels man sich als eine auf der Ebene des Papiers im Drehpunkt senk- stehende Linie denken. Von den beiden andern Drehungsaxen kann annehmen, dass sie vollständig innerhalb der Horizontalebene liegen, Wirklichkeit ihre Abweichung von derselben nur wenige Winkel- e beträgt[1]. Nennt man diejenige Hälfte einer jeden Drehungsaxe,

---

[1] Genauer ergeben sich die Lageverhältnisse der sechs Augenmuskeln aus der den nach VOLKMANN's Messungen entworfenen Tabelle, in welcher die Ursprungs- nsatzpunkte der Muskeln durch ein System rechtwinkliger Coordinaten bestimmt die sich im Drehpunkte kreuzen. (Sitzungsber. der sächs. Ges. der Wiss. 1869,) Die x-Axe liegt horizontal, die z-Axe vertical, und die y-Axe fällt mit der Ge- linie zusammen: die Richtung der positiven x geht nach außen, der positiven y hinten, der positiven z nach oben; die Zahlen bedeuten Millimeter.

in Bezug auf welche bei der Contraction eines bestimmt Drehung im Sinne des Uhrzeigers stattfindet, die **Halbaxe** d Muskels, so ist mrs (Fig. 149) die Halbaxe für den Rectus superi

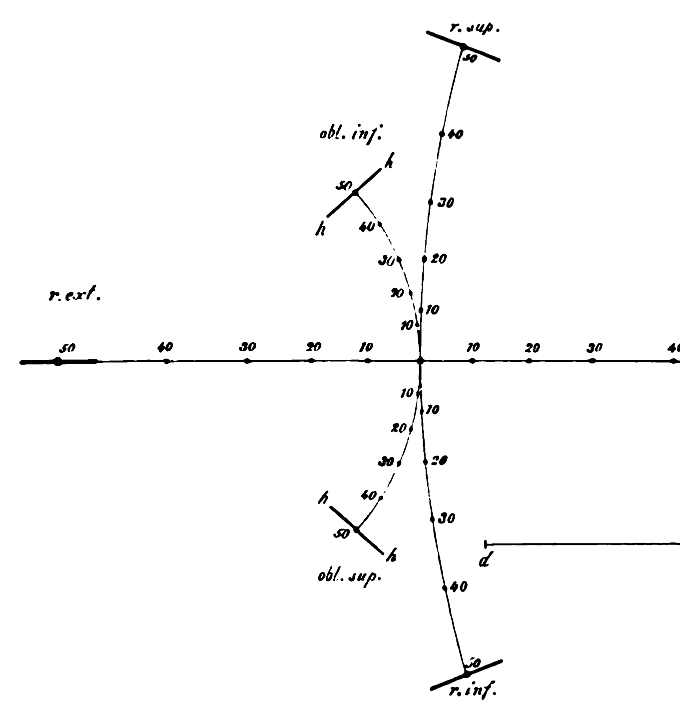


Fig. 150.

Muskeln	Ursprünge x	y	z	A x
Rectus superior. . . .	— 16	31,76	3,6	0,0
Rectus inferior	— 16	31,76	— 2,4	0,0
Rectus externus . . .	— 13	34,0	0,6	10,08
Rectus internus. . . .	— 17	30,0	0,6	— 9,65
Obliquus superior. . .	— 15,27	— 8,24	12,25	2,90
Obliquus inferior . . .	— 11,10	— 11,34	— 15,46	8,71

Wir fügen diesen Zahlen die von VOLKMANN ermittelten Werthe de Querschnitts der einzelnen Augenmuskeln hinzu, da dieselben für die Muskelleistungen von Bedeutung sind. Die direct gemessenen Läng metern, die durch Division des Volums mit der Länge berechnete Quadratmillimetern angegeben (a. a. O. S. 57).

	Rectus sup.	Rectus inf.	Rectus ext.	Rectus int.	Obliquus s
Länge	41,8	40,0	40,6	40,8	32,2
Querschnitt	11,34	15.85	16,73	17,39	8,36



s inferior, *m o s* für den Obliquus superior, *m o i* für den Obliquus
or. Für den Rectus internus liegt die Halbaxe über, für den externus
der Papierebene. Die Lageänderung, die jeder einzelne Muskel durch
ng um seine Halbaxe zu Stande bringt, lässt sich nun durch die
50 veranschaulichen. Man denke sich das linke Auge so vor die
des Papiers gehalten, dass es den Mittelpunkt der Figur fixirt, und
die Entfernung des Drehpunktes von demselben gleich der Länge
inie *d d* ist, so werden durch die in jenem Mittelpunkt sich kreu-
n Linien die Bahnen dargestellt, in welchen jeder einzelne Muskel,
er eine Drehung von 10 bis 50° um seine Halbaxe bewirkt, die
tslinie bewegen muss. Durch den am Ende jeder Bahn angebrachten
en Strich ist zugleich die in Folge der Drehung eingetretene Lage
etzhauthorizontes angedeutet. Aus dieser Darstellung geht unmittel-
ervor, dass, um von der Anfangsstellung aus das Auge gerade nach
oder innen zu bewegen, die Wirkung eines einzelnen Muskels, des
s externus oder internus, genügt[1]. Anders ist dies bei den Be-
gen nach oben und unten. Kein einziger Muskel vermag, wie man
den Augapfel geradlinig zu heben oder geradlinig zu senken. Da-
kann dies durch die Combination der zwei entsprechend wirkenden
eln erreicht werden. Der Rectus superior und Obliquus inferior
en, da die Bogen, in welchen sie die Gesichtslinie drehen, in ent-
gesetztem Sinne verlaufen, bei geeigneter Compensation der Muskel-
eine geradlinige Bahn hervorbringen können; ebenso bei Senkung
Auges der Rectus inferior und Obliquus superior. Dabei werden
ch die Drehungen des Netzhauthorizonts sich ganz oder theilweise
ensiren, so dass das Auge in ähnlicher Weise wie bei den Bewegungen
außen und innen seine ursprüngliche Orientirung behalten kann.
gt sich die Gesichtslinie in schräger Richtung, z. B. von der Anfangs-
ng aus nach innen und oben, so kann man eine solche Drehung in
Momente aus einer Bewegung nach innen und aus einer solchen
oben zusammengesetzt denken. Demnach werden hier nicht zwei
rn **drei** Muskeln betheiligt sein, nämlich der Rectus internus als Ein-
wender, der Rectus superior und Obliquus inferior als Heber des
fels. In ähnlicher Weise ist bei den Drehungen nach außen und
der Rectus externus mit den zwei eben genannten Muskeln, bei den

[1] Da in Folge der hierdurch hervorgebrachten Lageänderung des Augapfels auch
satzpunkte der andern Muskeln Verschiebungen erfahren, beziehungsweise diese
ln sich verkürzen oder verlängern müssen, so werden allerdings bei den oben
nten Bewegungen außer dem Hauptmuskel immer auch noch andere contrahirt
Ueber hierauf bezügliche Erscheinungen der Netzhautorientirung vergl. SCHNELLER,
f. Ophth., XXI, 3. S. 133. Hier kann von diesen Abweichungen wegen ibres
en Einflusses auf die Gesichtswahrnehmungen abgesehen werden.

in schräger Richtung abwärts gehenden Bewegungen jede
inferior und Obliquus superior mit dem betreffenden äuße
geraden Muskel wirksam.

Die Frage, wie bei allen diesen Bewegungen des A
der einzelnen Augenmuskeln zusammenwirken, lässt si
fachste Weise prüfen, indem man die jedesmalige Stellun
horizontes ermittelt. Findet man z. B., dass bei der Dre
und unten der Netzhauthorizont keine Drehung erfährt, so
schließen dürfen, dass die geraden und schiefen Muske
compensiren. Die unmittelbarste Methode aber, um sic
Richtungsänderungen des Netzhauthorizontes zu unterrichte
dass man durch längeres Fixiren einer horizontalen fa
complementäres Nachbild hervorbringt, das auf eine ebene
wird, und dessen Richtungsänderungen bei der Bewegun
unmittelbar über die Richtungsänderungen des Netzhauthori
geben. Bei der Ausführung dieses Versuchs findet man,
stimmte Ausgangsstellung gibt, von welcher an das urspr
tale Nachbild nicht nur bei der Bewegung nach innen un
auch bei der Bewegung nach oben und unten horizontal
diese Weise ausgezeichnete Stellung, welche man die Pr
nennt, entspricht aber bei den meisten Augen einer La
linie, bei welcher diese etwas unter die Horizontalebene g
hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass auch die Eb
und inneren geraden Augenmuskels nicht genau horizontal
also der Netzhauthorizont und demnach das ganze Auge
nach innen und außen seine Orientirung dann beizuhal
Rollung zu erfahren, wenn die Gesichtslinie annähernd in
des Rectus externus und internus sich bewegt. Dann ge
der That diese Drehungen auf die einfachste Weise, ind
durch die Wirkung der beiden genannten, ohne merkli
anderer Muskeln hervorgebracht werden können. Da n
Bewegung nach oben und unten das Auge gleich orientirt b
hierbei die Wirkungen des oberen und unteren geraden sc
Muskeln in einem solchen Verhältnisse stehen, dass sic
gesetzten Drehungen des Netzhauthorizontes, welche du
sammenwirkende Muskeln hervorgebracht werden, gena
Nun bewirken, eine gleich große Bewegung vorausgese
eine viel stärkere Raddrehung als die zu ihnen gehörigen
unmittelbar aus Fig. 150 ersieht. Es muss daher, wenn

1) S. 110 Anm. 1.

stattfinden soll, bei einer gegebenen Hebung und Senkung der gerade
el mit größerer Kraft wirken als der ihm beigegebene schräge Muskel.
nit steht denn auch im Einklang, dass die Obliqui viel schwächere
eln sind als die Recti, so dass, wenn einem geraden und einem
igen Muskel die gleiche Innervation zugeführt wird, dadurch von selbst
richtige Compensation ihrer Wirkungen eintreten kann. Diese Er-
ingen machen es wahrscheinlich, dass bei den Hebungen und Senkungen
Auges dasselbe Princip wie bei den Seitwärtswendungen in Anwen-
kommt: dass nämlich jede Bewegung die möglichst ein-
e Innervation voraussetzt. Man könnte sich freilich fragen,
m, wenn dieses Princip bei der Anordnung der Augenmuskeln befolgt
nicht auch die Hebung und Senkung gleich der Seitwärtswendung bloß
h zwei symmetrisch gelagerte gerade Muskeln geschieht. Die größere
plication, welche durch die Beigebung der Obliqui als Hülfsmuskeln
eigeführt wird, steht aber sichtlich mit gewissen Erfordernissen des
ns in nahem Zusammenhang. Während nämlich die Ansatzpunkte der
eln am Augapfel mit dem letzteren beweglich sind, bleiben ihre Ur-
ngspunkte in der Augenhöhle fest, daher bei allen Drehungen des Auges
Axen der Muskelwirkung immer nur verhältnissmäßig kleine Aende-
en erfahren. Demgemäß nähert sich bei der Drehung nach innen
Horizontalaxe des Auges *hh'* (Fig. 149) der Axe der Obliqui, während
die Blicklinie *gg'* oder die Axe der Raddrehung, von derselben ent-
: bei der Drehung nach außen dagegen entfernt sich *hh'* von der
der Obliqui, während sich *gg'* ihr nähert. Umgekehrt ist das Ver-
niss zur Axe der Recti: die Axe *hh'* nähert sich *rsri*, *gg'* entfernt
davon bei der Drehung nach außen, indess bei der Drehung nach
n *hh'* sich entfernt und *gg'* sich nähert. Dieser Gegensatz hat zunächst
ler die Bedeutung einer Compensationseinrichtung: sobald das Drehungs-
nent der Recti zunimmt, vermindert sich das entsprechende der Obliqui
umgekehrt. Sodann aber ergibt sich in Folge der Lage der Axen *rsri*
osoi eine Begünstigung der Einwärtsbewegungen. Da nämlich das
ungsmoment der Recti um die Axe *gg'* nie so bedeutend werden kann,
dasselbe nicht immer noch leicht durch die Gegenwirkung der Ob-
compensirt würde, so wird bei den Stellungen der Blicklinie nach
n immer ein verhältnissmäßig größerer Theil der gesammten Drehungs-
nente beider Muskelpaare auf die nützliche Drehung um die Axe *hh'*
vendet und ein verhältnissmäßig kleinerer zur antagonistischen Compen-
on der schädlichen Rollungen um die Gesichtslinie verbraucht werden,
. es werden die Bewegungen in der Convergenzstellung mit relativ
ngerer Muskelanstrengung erfolgen. Außerdem fallen streng genommen
Halbaxen der beiden schiefen Muskeln nicht ganz in eine Gerade.

sondern die Halbaxe des oberen weicht etwa um 5—6°
Blicklinie ab als die des unteren, wogegen diese etwas unter
ebene geneigt ist (Anm. 1, S. 112). Demzufolge entwicke
gekehrter Blicklinie der Obliquus superior ein relativ sta
moment um die Axe *hh'*, während der Obliquus inferior
ein geringes Moment der Auswärtsdrehung um die ve
Horizontalebene im Punkte *m* senkrechte Axe ausübt. Da
in einer geneigten Lage der Blickebene die Einwärtsdrehu
gehobenen die Auswärtsdrehungen der Blicklinie begünstig
werden unten sehen, dass diese aus der Anordnung der
sich ergebenden mechanischen Bedingungen für die Functio
auges von großer Bedeutung sind.

Wenn man von der Primärstellung aus das Auge nic
oder senkt oder seitwärts wendet, sondern in schräger R
so kann man, um sich über die in der zweiten Stellung ei
tirung des Auges zu unterrichten, ein Nachbild benützen,
wegungsrichtung, welche die Gesichtslinie nimmt, in derselb
tirt ist wie bei den vorigen Versuchen das horizontale oder ve
nämlich entweder die gleiche Richtung hat wie der Weg, d
linie einschlägt, oder zu demselben senkrecht ist. Der Ve
dasselbe Resultat wie vorhin: auch bei der schrägen Bewe
zum Merkzeichen dienende Nachbild seine Richtung bei: das
also, wenn es sich von der Primärstellung aus dreht, sein
Orientirung nicht, in welcher Richtung die Drehung auch g
Aus diesem Satze ergibt sich unmittelbar die mechanische
alle Bewegungen aus der Primärstellung um feste Axen ge
jede zu der Ebene, welche die Gesichtslinie bei der Dreh
im Drehpunkte senkrecht steht, und die sämmtlich in ein
Primärstellung der Gesichtslinie im Drehpunkte senkrechte
Dieses Princip der Drehungen wird nach seinem Urheber al
sche Gesetz bezeichnet[1]).

1) Listing selbst (Ruete, Lehrb. d. Ophthalmologie, 2. Aufl., S. 3
nur als eine Vermuthung hingestellt. Die Primärstellung wurde von
(Beiträge zur Physiologie des Sehorganes. Leipzig 1854. Archiv f
II, 1), der allgemeine Nachweis des Princips aber erst von Helmholt
f. Ophthalmol., IX, S. 153. Physiol. Optik, S. 457 f.). In mechanis
dasselbe nur eine annähernde Gültigkeit, da namentlich bei extrem
Auges nicht unerhebliche Abweichungen davon stattfinden, überdie
achtet habe, die wirkliche Bewegung des Auges meistens nicht um
Axen erfolgt. Erzeugt man nämlich durch kurze Betrachtung eines le
in der Dunkelheit ein positives Nachbild, so bemerkt man, dass dies
nur bei der Hebung und Senkung und bei der Seitwärtswendung
Linien im dunkeln Gesichtsfelde zurücklegt, bei allen schrägen
auch wenn diese von der Primärstellung ausgehen, gekrümmte Bahne



n dieses Gesetz im allgemeinen zu bestätigen, verfährt man am
in folgender Weise. Man befestigt einen großen Carton, der durch
le und horizontale Linien in gleiche Quadrate eingetheilt ist, in solcher
an einer fernen Wand, dass er mit hinreichender Reibung um seinen
unkt drehbar ist, um jede Lage, in die man ihn dreht, beizubehalten.
telpunkte bringt man ein rechtwinkliges Kreuz aus farbigem Papier
in stellt sich nun in möglichst großer Entfernung dem Carton gegen-
o auf, dass bei aufrechter Haltung des Kopfes die gerade nach vorn
eten und (der Primärstellung entsprechend) ein wenig nach unten
en Gesichtslinien den Mittelpunkt des farbigen Kreuzes fixiren.

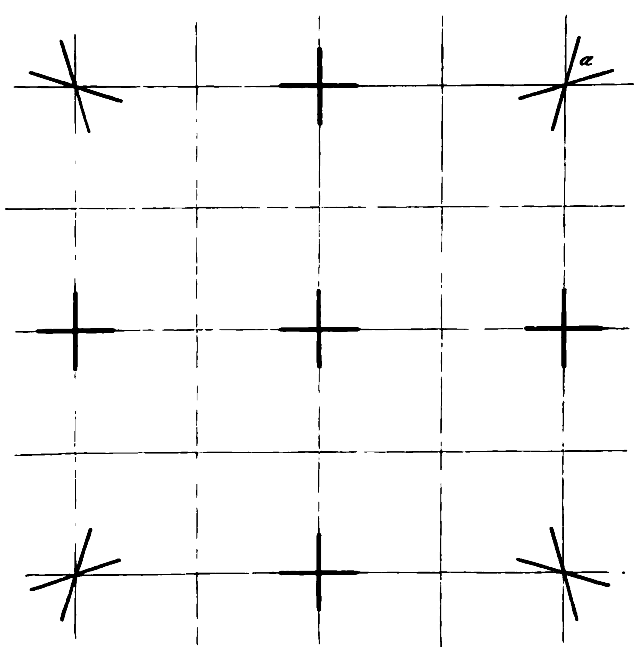


Fig. 151.

es lange genug geschehen, dass ein complementärfarbiges Nachbild
ıen konnte, so bewegt man zuerst das Auge gerade nach innen und
dann, wieder vom Fixationspunkte aus, nach oben und unten. In
Fällen decken sich die Schenkel des Nachbildes mit den verticalen
ıorizontalen Linien des Cartons. Um das Gesetz auch in Bezug auf
e Bewegungen der Gesichtslinie zu prüfen, dreht man zuerst den

bei den Gesichtswahrnehmungen sowohl extreme Stellungen des Augapfels wie
Bewegungen desselben wenig in Betracht kommen, so können wir hier das
sche Gesetz als hinreichend zutreffend ansehen.

Carton, bis die verticalen oder horizontalen Linien in die
kommen, in welcher man die Gesichtslinie bewegen wil
auch das Kreuz in der Mitte entsprechend gedreht worde
desselben behält nun, wenn man die Gesichtslinie sich e
gezeichneten Linien bewegen lässt, wiederum seine Richtu

Dreht man bei diesem Versuch den Carton nicht, läss
Nachbildobject aufrecht und wandert nun die Gesichtslinie i
tung, so nehmen die beiden Schenkel des Nachbildes in
lungen eine schiefe Lage an. Bei der Bewegung nach recht
das Nachbild die Stellung *a* (Fig. 151) angenommen; in den

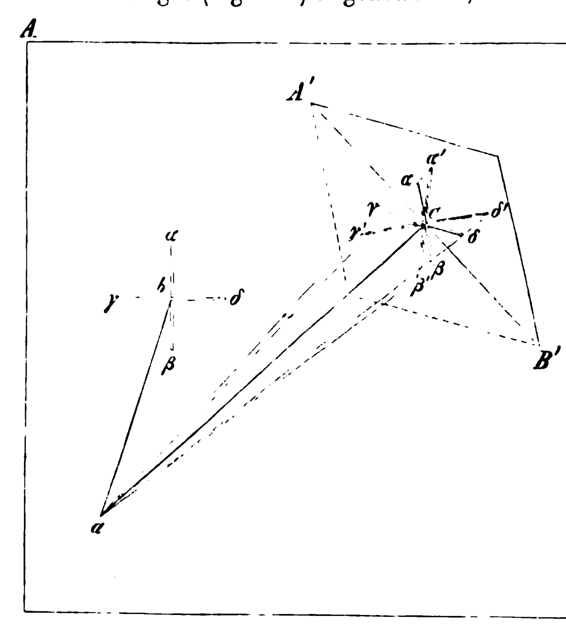


Fig. 152.

gungsrichtungen zeigt es die andern in Fig. 151 dargestellten
Diese Verschiebungen rühren aber nicht etwa von einer Ro
her, sondern von der perspectivischen Projection des Net
die ebene Wand, wie schon der Umstand zeigt, dass de
der horizontale Schenkel des Kreuzes im entgegengesetzten
erscheinen. Offenbar wird nämlich, wenn das Auge aus
eine zweite Stellung übergeht, ein Netzhautbild von unverä
nur dann wieder in derselben Weise nach außen verlegt
die Ebene, auf die es projicirt wird, ihre Lage zum Auge b
also die Gesichtslinie aus der geraden Stellung *ab* (Fig. 1



Ebene der Wand AB senkrecht zu derselben ist, in eine schräge
ung ac übergeht, so müsste das Nachbild wieder auf eine zur Ge-
linie senkrechte Ebene $A'B'$ projicirt werden, wenn der verticale
nkel $\alpha\beta$ des Kreuzes wieder vertical, der horizontale $\gamma\delta$ horizontal
einen sollte. Nun verlegen wir aber das Netzhautbild nicht auf die
e $A'B'$, sondern auf die unverändert gebliebene AB. Um die Form
nden, welche auf diese bezogen das nach außen verlegte Netzhautbild
mmt, müssen wir zu jedem einzelnen Punkt desselben eine Visirlinie
n: der Punkt, wo diese Linie die Wand AB trifft, entspricht dem
t des auf die Ebene AB bezogenen Bildes. Auf diese Weise sind in
152 von a aus, wo der Mittelpunkt der Pupille des beobachtenden
s gedacht ist, die vier den Grenzpunkten des Kreuzes entsprechenden
inien $a\alpha'$, $a\beta'$, $a\gamma'$ und $a\delta'$ gezogen worden. Die Figur, welche
lben begrenzen, ist das schiefwinklige Kreuz $\alpha'\beta'\gamma'\delta'$, welches ganz
Kreuz a in Fig. 151 entspricht. Durch ähnliche Constructionen findet
die andern in Fig. 151 angegebenen Drehungen des Nachbildes.
nbei bemerkt folgt aus diesen Beobachtungen, dass das Netzhautbild
naus nicht immer Gesichtsvorstellungen erzeugt, die mit seiner eigenen
übereinstimmen. Auf unserer Netzhaut existirt in den beschriebenen
ichen das Nachbild als ein rechtwinkliges Kreuz; trotzdem sehen wir
icht immer rechtwinklig, sondern seine Form ist ganz und gar von
Vorstellung abhängig, die wir von der Lage der Ebene im äußern
n, auf welcher das Bild entworfen wird, besitzen [1]. Auf diese Seite
Erscheinung werden wir später zurückkommen.

Das Gesetz der Drehung um constante, in einer Ebene gelegene Axen
eßt unmittelbar das weitere Princip in sich, dass die Orientirung des
s für jede Stellung der Gesichtslinie eine constante ist, welche wieder-
, auf welchen Wegen man auch die Gesichtslinie in diese Stellung
geführt haben mag. Man kann sich von der Richtigkeit dieses Prin-
welches als das **Gesetz der constanten Orientirung** bezeichnet
[2], mittelst derselben Methode überzeugen, welche zur Prüfung

[1] Dass es hierbei nicht auf die *wirkliche* Lage einer solchen Ebene ankommt,
rn auf diejenige, die wir derselben in unserer Vorstellung anweisen, folgt einfach
s, dass wir überhaupt von ihrer wirklichen Lage nur durch unsere Vorstellung
wissen. Man kann sich hiervon aber auch experimentell überzeugen, indem man
er Projectionsebene eine perspectivische Zeichnung anbringt, durch welche eine
e Vorstellung ihrer Lage erweckt wird. Man projicirt dann gemäß dieser fal-
Vorstellung. Einen hierher gehörigen Versuch siehe bei VOLKMANN, Physiologische
suchungen im Gebiete der Optik. Leipzig 1863, I, S. 156.

[2] Dasselbe wurde bereits vor Kenntniss des LISTING'schen Gesetzes von DONDERS
den. (Holländische Beiträge zu den anatomischen u. physiol. Wissenschaften, 1847,
104, 384.)

des LISTING'schen Gesetzes dient (S. 117). Das Nachbild
welches man in der Primär- oder in irgend einer andern A
erzeugt hat, zeigt bei einer bestimmten Stellungsänderung d
immer dasselbe Lageverhältniss zu den Orientirungslinien
welche Weise man auch das Auge aus der ersten in die
übergeführt haben mag. Doch kommen von diesem Princ
nahmen vor, da, wie HERING gefunden hat, die Orientirun
Auges, außer von der Lage seiner eigenen Gesichtslinie,
jenigen des andern Auges in gewissem Grade abhängt. Blei
Gesichtslinie des einen Auges fest, während die des andern
auswärts dreht, so dass der gemeinsame Fixationspunkt näh
rückt, so erfährt das ruhende Auge kleine Rollungen im sel
das bewegte [1]).

Die Bewegungen des Auges werden, wie uns die Zergli
Muskelwirkungen wahrscheinlich gemacht hat, hauptsächl
Vertheilung der Muskelkräfte bestimmt (S. 110 f.). Eine gegel
wird mit möglichst geringem Aufwand von Kraft geschehen,
überflüssige Nebenwirkungen vermieden sind. Solche würc
finden, wenn das Auge stärkere Rollungen um die Gesich
Das LISTING'sche Gesetz, welches solche ausschließt, hat
hierin seine mechanische Bedeutung. Noch entschiedener sp
Ursache der Bewegungsgesetze in dem Princip der constan
aus. Könnte das Auge aus einer ersten in eine zweite St
schiedenen Wegen gleich ungehindert übergehen, so wäre n
warum nicht in der That die Bewegung auf sehr versch
schehen sollte. Wenn eine Bewegungsform ausschließlich
so muss diese durch die mechanischen Bedingungen bevorzu
Auge verhält sich mit Rücksicht auf die Entstehung dieses
einfachsten Innervation ohne Zweifel wie alle ande
werkzeuge. Uebung und Gewohnheit werden gewiss bei
scheidender Bedeutung sein. Darum haben vor allem die
des Sehens in den Gesetzen der Augenbewegung ihren
funden; aber der Einfluss dieser Bedürfnisse wird gerade da
müssen, dass er auf die mechanischen Bedingungen der Bew
mend einwirkte. Deshalb sind in der individuellen Ausbil
die mechanischen Verhältnisse die ursprünglicheren.
des Neugeborenen, schon bevor das Sehorgan seine Functi
Erzeugung optischer Bilder zweckmäßig construirt ist, so

1) HERING, Lehre vom binocularen Sehen, S. 57, 94.
2) WUNDT, Arch. f. Ophthalm., VIII, 2, S. 1.

vollkommen ausgebildeten Bewegungsmechanismus. Von der indi-
·llen Entwicklung werden wir daher mit größerer Wahrscheinlichkeit
dürfen, dass sich das Sehen unter dem Einfluss der mechani-
Bewegungsgesetze des Auges gebildet habe, als umgekehrt. Dies
·ßt aber allerdings nicht aus, dass in einer weiter zurückreichenden
·ellen Entwicklung die Bedürfnisse des Sehens auf die Organisation,
les Auges überhaupt, so auch seiner Bewegungswerkzeuge eingewirkt
ı [1]).

Die drei genannten Gesetze, das der einfachsten Innervation, der
anten Orientirung und der bevorzugten Primärstellung, sind endlich,
nicht übersehen werden darf, beherrscht von centralen Bedingungen.
sind es, die der Blick- oder Gesichtslinie als derjenigen Linie,
len fixirten Punkt mit der Stelle des deutlichsten Sehens verbindet,
llen Bewegungen des Auges die herrschende Rolle anweisen. Jede
nbewegung ist zunächst eine Bewegung der Blicklinie. Als solche
sie bei den willkürlichen Bewegungen gewollt; die übrige Orien-
g des Auges folgt der Stellung der Blicklinie mit mechanischer Noth-
ligkeit. Aehnlich den willkürlichen verhalten sich in dieser Bezieh-
aber auch die unwillkürlichen Bewegungen des Auges, bei denen die
linie reflexartig einem Eindruck folgt, der aus irgend einem Grunde
dominirende Bedeutung im Sehfelde gewonnen hat. Von den meisten
rn Reflexen unterscheiden sich diese wesentlich durch die Eigen-
lichkeit, dass bei ihnen jeder andere Punkt der Netzhaut mit dem
punkt in eine eindeutige Beziehung gesetzt ist, durch die, sofern nicht
gengesetzte Kräfte hemmend im Wege stehen, ein Eindruck auf irgend
jener Punkte die Einstellung der Blicklinie auf den Eindruck her-
hrt. Indem nun im allgemeinen fortwährend viele verschieden loca-
Reize auf die Blicklinie richtunggebend einwirken, wird diese selbst
ährend vieldeutig angeregt, und es sind daher für die endlich er-
nde wirkliche Einstellung weniger die Verhältnisse der peripheren
ng als centrale Bedingungen, durch welche irgend ein Reiz über die
rn das Uebergewicht erlangt, entscheidend. Wir fassen diese cen-
Bedingungen in dem psychologischen Begriff der Aufmerksamkeit
allgemeiner ausgedrückt der Apperception zusammen, und wir
en demnach das hier zur Geltung kommende Gesetz der Augenbe-
ngen dahin feststellen, dass nicht die Intensität und Qualität
s Reizes an sich sondern seine Fähigkeit die Apperception
rregen für die Einstellung der Blicklinie bestimmend ist.
wollen dieses psychophysische Princip, welches die oben erörterten

[1]) Siehe unten Nr. 8.

drei physiologischen Bewegungsgesetze ergänzt und ihre
einzelnen regulirt, als das Gesetz der Correspondenz
ception und Fixation bezeichnen. Nach ihm stellen sic
linien des normalen Sehorgans von selbst, d. h. vermög
wirkenden centralen Mechanismus, auf dasjenige Object ein
unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Nur vermittelst besond
ist es daher möglich jene Correspondenz für Augenblicke
die Aufmerksamkeit auf Dinge zu richten, die man nich
Schwierigkeit liegt aber wahrscheinlich nicht bloß darin,
eingeübte Verbindung gelöst wird, sondern auch darin,
kürliche Innervation hierbei ausschließlich auf die Stellung
sich richten muss, während normaler Weise mit der Rich
merksamkeit auf ein Object vermöge der mechanischen Sich
tralen Verbindungen die Gesichtslinie die zugehörige Stell
annimmt.

Zur Untersuchung und Veranschaulichung der oben erört
der Augenmuskeln bedient man sich zweckmäßig eines Auge
wie ein solches zuerst RUETE [1]) unter dem Namen Ophthalmotro
Ein vervollkommnetes Instrument dieser Art ist das von mir bes
liche Augenmuskelsystem [2]). Dasselbe besteht aus einer Hohlk
Durchmesser (etwa doppelt so groß als der des Auges), die hinte
von 35° besitzt, und um ihren Mittelpunkt drehbar ist. Di
der Muskeln sind durch Schnüre repräsentirt, die nach dem
Anm.) angegebenen VOLKMANN'schen Coordinatensystem angeordn
befestigt sind, während sie an den dem Muskelursprung
sup. der Sehnenrolle) entsprechenden Punkten über Rollen lau
andern Seite durch Gewichte gespannt sind. Die elastischen Kr
sind durch Spiralfedern dargestellt, deren Länge bei jedem Mu
dem Quotienten des Querschnitts durch die Länge gewählt is
kann zur Untersuchung der Stellungen wie der Bewegungen
wendet werden. Eine für Demonstrationszwecke geeignete Ve
selben stellt die Fig. 153 dar. Die Augenkugel besteht bei
Holz, und die Gesichtslinie ist durch ein 30 cm langes Rohrstäb
an dessen vorderem Ende ein weißer Kreis aus Carton mit e
Kreuz, dessen Schenkel sich im Blickpunkt rechtwinklig schn
angebracht ist. Dieser die Blicklinie und das Sehfeld repräsent
Apparats ist durch ein Gewicht *P*, das mit ihm mittelst eines
laufenden Fadens verbunden ist, äquilibrirt. Es entspricht *I* d
II dem Rectus inf., *III* dem Rectus extern., *IV* dem Rectus
Obliquus inf., *VI* dem Obliquus sup. Die Schnüre *I*—*VI* la
Löcher in der Rückwand des Stativs und werden durch kleine Ge
An diesem Apparat lassen sich unmittelbar die in Fig. 150 darg

1) RUETE, Ein neues Ophthalmotrop. Leipzig 1857.
2) Archiv f. Ophthalmologie VIII, 2, S. 88.

inzelnen Augenmuskeln mit den entsprechenden Raddrehungen nachbilden, o die combinirten Wirkungen der zusammengehörigen Muskelpaare, wie des Rectus sup. und Obliquus infer., des Rectus inf. und Obliquus sup. w.

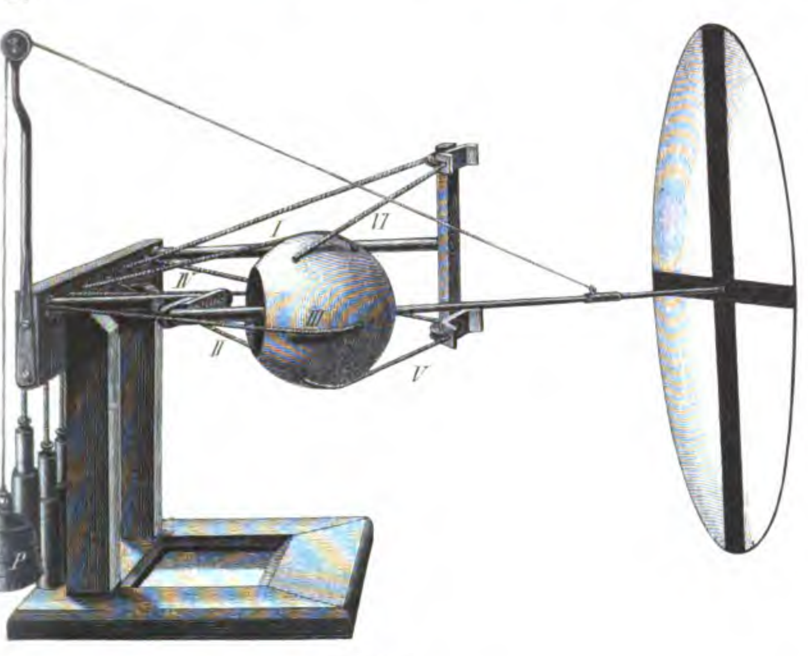


Fig. 153.

Venn das Auge nicht von der Primärstellung, sondern von irgend einer n, einer sogenannten Secundärstellung aus sich bewegt, so behält es lgemeinen seine constante Orientirung nicht bei: ein horizontales oder les Nachbild zeigt nun eine wirkliche Neigung gegen seine ursprüngliche ng, welche davon herrührt, dass, während die Gesichtslinie aus einer in eine zweite Lage übergegangen ist, zugleich das ganze Auge eine g um die Gesichtslinie erfahren hat. Man kann sich hiervon leicht übern, wenn man in dem vorhin beschriebenen Versuch bei der Erzeugung des bildes den Kopf vor- oder rückwärts beugt, so dass sich die Gesichtslinie in der Primärstellung befindet, die Wand aber, wie früher, zur Gesichtsannähernd senkrecht ist. Verfolgt man nun mit dem Blick die auf dem gezogenen Linien, so zeigt das Nachbild Drehungen gegen dieselben, ber für den verticalen und horizontalen Schenkel des Kreuzes von gleicher und Richtung, nicht, wie bei den von der Projection herrührenden Verungen, ungleich sind. Die auf diese Weise entstehenden Raddrehungen übrigens sehr klein, so lange das Auge nicht in extreme Stellungen überwelche normaler Weise, wo alle umfangreichen Drehungen durch den mitbesorgt werden, kaum vorkommen; ihrer Größe nach stimmen sie annd zu der Voraussetzung, dass auch die Drehungen von Secundärstellungen

aus um Axen erfolgen, welche in der vorhin bezeichneten Axe
derjenigen Ebene, die auf der Primärstellung der Gesichtslini
senkrecht steht, gelegen sind[1]). Es ist an und für sich klar,
Drehungsaxen in dieser Ebene liegen, bei den Bewegungen
stellungen aus Rollungen um die Gesichtslinie eintreten müsse
diesem Fall die Drehungsaxe nicht senkrecht stehen kann au
welcher sich die Gesichtslinie bewegt, einen einzigen Fall ausg
nämlich die Ebene der Drehung den durch die Primärstellung g
kreisen angehört oder, mit andern Worten, wenn die Gesichts
Bewegung ausführt, die man sich ohne Wechsel der Drehu
Primärstellung ausgehend oder in sie fortgesetzt denken kan
der wirklichen Raddrehungen zu erwartenden Störungen des
dadurch vermindert, dass der Kopf durch seine Bewegungen
fangreichere Drehungen erspart. Diese Betheiligung des Kopf
bewegung ist übrigens nach den verschiedenen Richtungen ve
am kleinsten bei den vorzugsweise vom Auge eingeübten B
unten[2]). Eine ähnliche compensatorische Bedeutung haben w
nicht unerheblichen Abweichungen von dem LISTING'schen Ges
umfangreicheren Augenbewegungen beobachtet werden. Beme
diesen Abweichungen sind besonders diejenigen, welche bei sta
bewegungen eintreten. Sie bestehen darin, dass mit Zunahme
winkels der verticale Meridian mehr nach außen beziehungswe
innen gedreht wird, als nach dem LISTING'schen Gesetz zu
Mit der Senkung der Blickebene nimmt diese Abweichung zu.
wir unten sehen werden, in unmittelbarer Beziehung zu den
stattfindenden Bedingungen der Wahrnehmung[3]).

3. Einfluss der Augenbewegungen auf die A des Sehfeldes.

Es wurde oben (S. 108) bemerkt, dass für das ruhe
zureichenden Motive existiren, vermöge deren es sein S
Fläche von bestimmter Form wahrnehmen müsste. Trotz
selbe eine bestimmte Form zu besitzen: es erscheint uns, s
Gründe fehlen, welche auf eine andere Ordnung seiner Pu
als innere Oberfläche einer Kugelschale. An einer solch
daher die Gestirne vertheilt zu sein, und der Himmel
unserm Auge noch heute als das, wofür kindlichere Zeit
hielten, als ein kugelförmiges Gewölbe. In der unter de
legenen Hälfte des Sehfeldes hört diese Kugelform auf,



1) HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 467. Archiv f. Ophthalmol., IX
2) RITZMANN, Archiv f. Ophthalmol., XXI, 2, S. 131.
3) DONDERS, PFLÜGER's Arch., XIII, S. 392.

3odenebene und die auf ihr befindlichen Gegenstände andere und im
en wechselndere Bedingungen gegeben sind. Der naheliegende Grund
Anschauung ist aber die Bewegung des Auges. Bei dieser beschreibt
Fixationspunkt fortwährend größte Kreise, die einer Hohlkugelfläche
hören. Als Mittelpunkt des kugelförmigen Sehfeldes, das wir beim
el sonstiger Motive erblicken, ist daher der Drehpunkt des Auges zu
chten. Da nun auch das ruhende Auge sein Sehfeld kugelförmig
, so liegt eigentlich hierin schon ein Grund für die Annahme, dass
ursprünglichsten Raumvorstellungen unter dem Einfluss der Bewegung
anden sind. Es ließe sich jedoch dem entgegenhalten, möglicher-
e besitze die Netzhaut eine ihr innewohnende Energie, ihre Bilder
ein kugelförmiges Sehfeld zu beziehen. Vielleicht, könnte man denken,
sie selbst kugelförmig gekrümmt ist, obgleich sich freilich Gründe
einen solchen Zusammenhang nicht angeben lassen. Hier tritt nun
eine Reihe von Beobachtungen entscheidend ein, welche zeigen, dass
Auge nicht nur im allgemeinen seine Netzhautbilder auf eine Fläche
ußern Raum verlegt, die der Form seiner Bewegung entspricht, son-
dass auch die einzelne Anordnung der Punkte auf dieser Fläche ganz
gar durch die Bewegungsgesetze des Auges bestimmt ist.

Nennen wir die Fläche, auf welcher der Fixations- oder Blickpunkt
seinen Bewegungen hin- und hergeht, das **Blickfeld**, so können wir
oben besprochene allgemeine Erfahrung in den Satz zusammenfassen:
**Sehfeld des bewegten sowohl wie des ruhenden Auges
im allgemeinen die nämliche Form wie das Blickfeld.** Um
weiterhin den Einfluss der Bewegung auf die Anordnung der Punkte
ehfelde zu ermitteln, denken wir uns am zweckmäßigsten die Verände-
en, die am Auge vor sich gehen, vollständig in das Blickfeld hinüber-
gen. Es wird dann im allgemeinen jede Bewegung der Blicklinie
vom Blickpunkt beschriebenen Curve entsprechen. Nennen wir den-
en Blickpunkt, welcher der Primärstellung der Gesichtslinie ange-
den **Hauptblickpunkt**, so erfolgen von der Primärstellung aus alle
ungen so, dass der Blickpunkt größte Kreise beschreibt, die sich im
tblickpunkt durchschneiden. Stellen wir uns das Blickfeld als eine
e Kugel vor, so schneiden sich aber diese Kreise, welche man die
idiankreise des Blickfeldes nennen kann, noch in einem zweiten
Hauptblickpunkt gerade gegenüber liegenden Punkt der Kugelober-
e, dem **Occipitalpunkt**. Der Hauptblickpunkt und Occipitalpunkt
somit entgegengesetzte Endpunkte eines Durchmessers. Die Fig. 154
diese Eintheilung des Blickfeldes in perspectivischer Ansicht. *A* ist
Auge, *H* der Hauptblickpunkt, *O* der Occipitalpunkt, die Linie *HO*
, gemäß der Primärstellung, etwas unter der Horizontalebene; durch

H und O sind die Meridiankreise gezogen[1]. Denken wir d
Drehpunkt, als dem Mittelpunkt des kugelförmigen Blic
eine Ebene projicirt, welche auf der Primärstellung der Ge
recht steht, so bilden sie sich hier als gerade Linien ab,
Fixationspunkte durchschneiden; die horizontale dieser L
dem Netzhauthorizont. Wir wollen diese Projection das
feld und die geraden Linien, welche in ihm als Projection
kreise vom Hauptblickpunkte auslaufen, die Richtlinien

Wenn sich nun das Auge von der Primärstellung au
sich die Gesichtslinie in Meridiankreisen oder auf dem
in Richtlinien bewegen. Hierbei bleibt nach dem Listing's
gegenseitige Lageverhältniss der Meridiankreise im kugelf
ungeändert. Wenn der Blickpunkt von H zuerst auf a
(Fig. 154) übergeh
zweiten Act dies
Bogen ab genau a
der Netzhaut zu l
der Bogen Ha.
das in Fig. 154
Primärlage entspr
fixirt und dann
ruhenden Auges i
Weise in Meridia
so dass in de
Blickfeld und Se
fallen, so könne
stellen, bei den l
schiebe sich das S

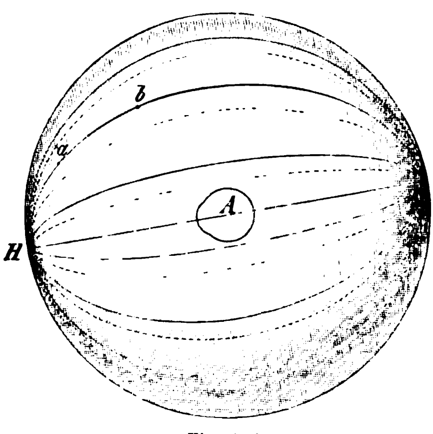


Fig. 154.

Blickfeld wie eine Kugelschale gegen eine ihr concentris
gleichem Radius. Es verschiebt sich dann bei allen Dre
Primärstellung aus derjenige Meridiankreis des Sehfeldes,
Blicklinie liegt, genau in demjenigen Meridiankreis des
welchem er in der Primärstellung zusammenfiel: beid
decken einander während der ganzen Bewegung. Wäre
Gesetz nicht erfüllt, erführe das Auge bei jeder Drehun

1) Um die Lage irgend eines Punktes im Blickfeld oder Seh
stimmen, kann man dasselbe außer in Meridiankreise noch in l
theilen, welche parallel einem die Axe HO halbirenden Aequator
Es erfolgt dann die Lagebestimmung ganz nach Analogie der ge
bestimmung. Aber für die Bewegung des Auges haben nur die
Bedeutung, als die Wege, die nach dem Listing'schen Gesetz der
Primärstellung aus einschlägt.

ung um die Gesichtslinie, so würde eine solche fortwährende Deckung
einander entsprechenden Meridiankreise nicht stattfinden können, son-
n es würde zugleich in Folge der Rollung des Auges der Meridian-
s des Sehfeldes gegen den ihm entsprechenden des Blickfeldes sich
hen, und er würde so fort und fort mit andern Meridiankreisen des
eren zusammenfallen. Bei denjenigen Bewegungen des Auges, welche
t von der Primärlage ausgehen, wird dies wegen der hierbei statt-
enden Rollungen auch in der That der Fall sein. Die Bewegungen
der Primärlage aus sind also insofern bevorzugt, als bei ihnen die
fassung der Richtungen im kugelförmigen Blickfeld durch die gleich-
nige Orientirung des Auges begünstigt wird. Denn eine sichere Be-
mmung der Richtungen ist nur möglich, wenn die Wahrnehmungen,
che bei der Bewegung des Blicks stattfinden, mit der Auffassung des
enden Auges übereinstimmen. Eine Linie, bei deren Verfolgung sich
Blick in einem Meridiankreise bewegt, muss dem ruhenden Auge im
ben Meridiankreise erscheinen, wenn sich kein Widerspruch zwischen
den Wahrnehmungen herausstellen soll. Das ist aber nur möglich,
nn zwischen dem ruhenden Blickfeld und dem bewegten Sehfeld jene
bereinstimmung besteht, welche sich aus dem Listing'schen Gesetze
ibt. Bei den Bewegungen, welche nicht von der Primärlage ausgehen,
d dann allerdings die Auffassung der Richtungen eine mangelhaftere
n. In der That lehrt die Erfahrung, dass wir, wo es sich um eine
naue Abmessung der Richtung von Linien handelt, dem Auge unwill-
rlich eine etwas zum Horizont geneigte, der Primärlage entsprechende
llung geben.

Jene Uebereinstimmung der von dem Blick verfolgten Richtungen im
ck- und Sehfeld besteht nur, wenn wir uns das Netzhautbild auf eine
gelförmige Blick- und Sehfeldfläche bezogen denken; sie hört auf, so-
d wir irgend eine andere Form, z. B. eine Ebene, an ihre Stelle setzen.
nken wir uns die in der Primärstellung zur Gesichtslinie senkrechte
ene als unveränderliches Blickfeld, und nehmen wir als wechselndes
hfeld eine andere Ebene an, die in der Primärstellung wieder mit dem
ckfeld zusammenfällt, aber mit der Gesichtslinie wandert, so dass sie
allen Lagen des Auges zu dieser senkrecht bleibt. Die Richtlinien dieser
den Ebenen, die in der Ausgangsstellung sich decken, werden sich
zt nur noch bei der Bewegung in zwei Richtungen innerhalb der
ichen Meridiankreise verschieben, wenn nämlich die Drehung von der
märlage aus gerade nach oben und unten oder gerade nach außen und
en gerichtet ist. Bei diesen beiden Bewegungen werden die vertical
d horizontal liegenden Richtlinien beider Ebenen vom Auge aus gesehen
vollständiger Deckung bleiben. Sobald dagegen das Auge eine andere

Stellung annimmt, so müssen ihm die Richtlinien des Blickf
feldes gegen einander geneigt erscheinen; denn denkt man
den Drehpunkt und die betreffende Richtlinie des Sehfeld
gelegt, so trifft die letztere das Blickfeld nicht mehr in de
linie, welche in der Ausgangsstellung mit ihr zusammenfie
haben wir uns davon in den früher beschriebenen Nachbildv
die unmittelbare Projection der Netzhautbilder nach außen be
(S. 118, Fig. 152). Die in der Primärstellung zur Gesichtsl
Wand AB entspricht dem ebenen Blickfeld. Denken wir u
bei den Drehungen des Auges mit der Gesichtslinie, imme
derselben, bewegt, so ist die wandernde Ebene $A'B'$ das
Ein Nachbild, welches in der Primärstellung mit einer der
sammenfällt, deckt in irgend einer Secundärstellung wiede
Richtlinie des ebenen Sehfeldes, auf das unveränderliche Bl
schließt es aber mit der Richtlinie, mit der es ursprünglich
einen bestimmten Winkel ein. Die Fig. 151 (S. 117), welc
dieses Winkels bei den vier schrägen Stellungen für ein urs
cales und horizontales Nachbild angibt, stellt also zugleich d
niss dar, welches die Richtlinien des Sehfeldes zu denen des
sitzen, wenn man das letztere als eine zur Primärstellung se
annimmt und sich das Sehfeld auf dieses Blickfeld projicir

Wenn nun das Auge ein auf seiner Netzhaut oder
felde rechtwinkliges Kreuz in seinem Blickfelde schiefwink
so wird umgekehrt ein im Sehfelde schiefwinkliges Kreuz
feld bezogen rechtwinklig erscheinen können. Die Richtigke
lässt sich leicht auf folgende Weise bestätigen. Man nehm
Bogen weißen Papiers, in dessen Mitte man einen schwa
bringt, der als Fixationspunkt dient. Dieser Bogen, in der
senkrecht zur Blicklinie gehalten, repräsentirt das Blickfeld,
Fläche, welche der Blickpunkt successiv durchwandern kan
man seitlich vom Fixationspunkt zwei schwarze Papierschni
in einer Verticallinie liegen, auf demselben Bogen an. Man
dass dieselben nur dann in einer Verticallinie zu liegen s
ihre Richtung entweder mit der durch den Blickpunkt gel
sich deckt oder zu der durch den Blickpunkt gelegten
Raume senkrecht ist. In den übrigen Theilen des Blick
muss man den Objecten eine schräge Lage geben, wen
recten Sehen vertical erscheinen sollen, und zwar muss
Lagen das in verticaler Richtung vom Blickpunkt entfernte
nach der horizontalen weiter von demselben weggeschobe
Lage, welche den beiden Papierschnitzeln in den verschiede

Blickfeldes gegeben werden muss, wenn sie in einer verticalen Linie nd erscheinen sollen, entspricht also ganz derjenigen Richtung, welche Fig. 151 (S. 117) ein verticales Nachbild annimmt, wenn der Blick ler ursprünglichen, zur Primärstellung senkrechten Blickebene hin- und andert. Bestimmt man in ähnlicher Weise die Lage der im indirec- Sehen horizontal erscheinenden Punkte, so findet man, dass diese in schräg geneigten Meridianen wieder, diesmal aber nach der entgegen- zten Richtung abweichen, ganz wie es nach Fig. 151 der Neigung ent- ht, die ein in der Primärstellung horizontales Nachbild beim Wandern Blicks annimmt. Gibt man dem Papierbogen eine andere, der Pri- tellung nicht ent- hende Lage, so en auch die Rich- en, die man den ect gesehenen ten geben muss, sie vertical oder ontal erscheinen ssen, andere als n, immer aber sie mit jenen ungen zusam- welche bei wan- dem Blick ein cales und hori- les Nachbild in r Projection auf Ebene des Papiers Die geschilder- Neigungen der inbar verticalen horizontalen Li- im Sehfeld lassen sich gleichzeitig für alle Meridiane des letzteren der Fig. 155 beobachten. Bringt man dieselbe in etwa 5fach ver- ertem Maßstabe in eine zur Primärstellung senkrechte Ebene, während ihren Mittelpunkt in einer Distanz des Auges, welche der darunter ichneten Geraden proportional ist, monocular fixirt, so verschwindet hyperbolische Krümmung der Linien: die Figur wird als ein Schach- tmuster gesehen, das aus gleich großen schwarzen und weißen Qua- en besteht[1]).

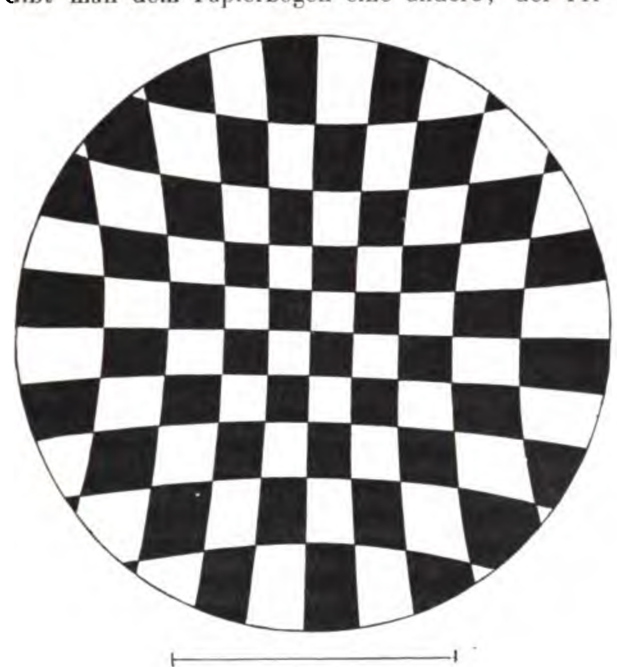


Fig. 155.

[1]) Beobachtet sind die hier beschriebenen Erscheinungen zuerst von Reckling-

Diese Erscheinungen zeigen, dass die Eindrücke, die
tem Auge empfangen, auf die Abmessungen im Sehfeld des
übertragen werden. Wenn sich das Auge von der Primä
eine Lage a (Fig. 151 S. 117) bewegt, so bilden sich auf den
horizontalen Meridian der Netzhaut nicht mehr eine im Bl
und horizontale sondern zwei geneigte Linien ab, die näm
Richtung das Auge ein ursprünglich verticales und horiz
projicirt. Demnach erscheinen denn auch dem ruhend
Hauptblickpunkt eingestellten Auge jene geneigten Linien
und solche, die in Wirklichkeit senkrecht zu einander sind
neigt. Wenn das Auge den Punkt a selbst fixirt, so v
Täuschung, indem die im Blickpunkt und in dessen Un
lichen Objecte immer in das jeweilige Sehfeld mit Rücksic
welche unsere Vorstellung dem letzteren anweist, verleg
können daher die obigen Erfahrungen auch folgendermaß
Nur die direct gesehenen Objecte erscheinen uns im allge
wirklichen Lage, alle indirect gesehenen dagegen in der
annehmen würden, wenn ihr Netzhautbild in den Blickp
unmittelbare Umgebung verlegt würde.

Da nicht nur die allgemeine Form des Sehfeldes, so
gegenseitige Lageverhältniss der Objecte in demselben n
wegungen des Auges festgestellt wird, so ist ohne di
liche Gesichtsvorstellung nicht denkbar. Denn ein un
räumliches Sehen, wie man es zuweilen angenommen, b
allgemeine Form des Nebeneinander ohne jede Raumbestin
zelnen Objecte zu einander gegeben wäre, ist eine Ficti
wenig Wirklichkeit zukommen kann wie einer Zeitreihe oh
schöne Bestätigung dieses Einflusses der Bewegung gew
änderungen, welche in der räumlichen Beziehung der Gesi
Sehenden in Folge von Lähmung einzelner Augen
treten[1]. Wird z. B. der äußere gerade Augenmuskel, etw

HAUSEN (Archiv f. Ophthalmologie, V, 2, S. 127), ihren Zusammenh
wegungsgesetzen hat HELMHOLTZ nachgewiesen (Physiol. Optik, S. 54
zunächst eine etwas andere Form des Versuchs gewählt, indem ic
über die Abweichung der Richtungen im indirecten Sehen mit
combinirte, wodurch, wie ich glaube, der Zusammenhang mit den
besonders schlagend wird. Sehr zweckmäßig kann man auch nach e
befolgten Methode als objective gerade Linien, deren scheinbare Ri
mung bestimmt wird, die Lichtlinien wählen, welche von überschlag
Funken hervorgebracht werden, da diese den Vortheil großer Deutlic
Sehen darbieten (Archiv f. Ophthalmol., XXII, 1, S. 149).

1) Vgl. A. v. GRAEFE, Archiv f. Ophthalmologie, I, 1, S. 18. Sy
Augenmuskellähmungen. Berlin 1867, S. 10, 95. ALFR. GRAEFE, Archiv

zung des Nervus abducens, plötzlich wirkungslos, so bemerkt man, sich das Auge nach allen andern Richtungen im Blickfelde zu drehen g, und dass es die Lage der Objecte in demselben richtig wahrt; sobald es sich aber nach außen zu drehen strebt, tritt eine Scheingung der Objecte ein: diese scheinen sich nun nach derselben Seite wegen, nach welcher die vergebliche Innervationsanstrengung des gerichtet ist. Dies kann nur davon herrühren, dass der Patient das obgleich es stille steht, für bewegt hält. Wenn aber ein normales welches z. B. nach rechts bewegt wird, dabei immer dieselben stände sieht, so müssen sich diese ebenfalls nach rechts bewegen. ewegungsanstrengung des gelähmten Auges wird also objectivirt, und selbst stille steht, so scheinen sich die Gegenstände zu drehen. Ist ähmung des Rectus externus eine unvollständige, so kann das Auge einen nach außen liegenden Gegenstand fixiren, aber es ist dazu größere Anstrengung erforderlich. In Folge dessen wird der Gegen- weiter nach außen verlegt, als er sich in der That befindet. Soll atient nach ihm greifen, so greift er außen daran vorbei. Diese Erungen beweisen, dass unsere Auffassung der Lage eines Gegenstandes um wesentlich durch die Bewegungsempfindung bestimmt wird, e nicht nur jede wirkliche Bewegung, sondern auch jeden Antrieb ewegung begleitet[1].

Aus demselben Princip erklären sich die Erscheinungen des enmaßes sowie zahlreiche Täuschungen des normalen Sehens, die ehr oder minder beträchtlichen Abweichungen unserer Auffassung der rnungen und Richtungen im Sehfelde von den objectiv gegebenen lichen Verhältnissen bestehen.

Wir können Distanzen im Gesichtsfelde nur dann mit einiger Genauig- vergleichen, wenn sie gleiche Richtung haben. Wenn wir z. B. einer enen Geraden eine zweite gleich machen wollen, so müssen wir lben die nämliche Richtung geben. Auch dann finden noch kleine nauigkeiten statt, welche sich um so mehr vermindern, je mehr wir dem bewegten Auge die Distanzen vergleichend abmessen. Dagegen bei Ausschluss der Bewegung, also bei starrer Fixation und noch bei momentaner Beleuchtung durch den elektrischen Funken, die enschätzung sehr viel unsicherer. Auch bei den mittels der Bewegung eführten Beobachtungen sind übrigens noch weitere Versuchsbedin-

S. 6, und Handbuch der Augenheilkunde von GRAEFE und SAEMISCH, VI, 1, S. 13 ff. ., Das Sehen mit zwei Augen. Leipzig und Heidelberg 1861, S. 124 ff. Vergl. auch Bd. I, S. 424.

) Vgl. hierzu I, Cap. IX, S. 425, 430 f.

gungen von wesentlichem Einflusse. So ergeben sich bei
zweier Distanzen, die sich in ungleicher Entfernung v
gewisse Fehler, die von der verschiedenen Größe der bei
herrühren. Bei dieser Vergleichung bestimmt nämlich i
Vorstellung der Entfernung unsere Schätzung: man sieh
große Distanzen annähernd gleich, auch wenn die eine
als die andere. Aber der Fehler, den man bei der Sch
größer, als wenn beide Distanzen gleich weit entfernt
wechselt er bei verschiedenen Individuen, indem die
die Andern die entferntere Distanz größer zu schätze
Ferner schätzt man den Abstand zweier durch einen lee
getrennter Punkte ungenauer als die Größe einer ger
man daher Distanzen gleicher Richtung unter gleichförm
vergleichen, so müssen sie sich 1) in gleicher Entfernu
finden, und sie müssen 2) entweder beide in der Form
oder beide als Punktdistanzen gegeben sein, wobei zu
Fall für die Genauigkeit des Augenmaßes der günstiger

Unter Voraussetzung der obigen Bedingungen lä
Schärfe des Augenmaßes nach jeder der früher (in Cap. V
örterten psychophysischen Maßmethoden prüfen; nur
mittleren Abstufungen ist in diesem Fall, weil sie kein
Unterschiedsempfindlichkeit ergibt, nicht angebracht.
Methoden empfehlen sich namentlich die der Minimalän
mittleren Fehler, wobei die letztere in der Regel so ange
der Beobachter selbst einer gegebenen Normalstrecke
gleichsstrecke gleich macht. Die auf diese Weise vorge
suchungen zeigen nun, dass das Augenmaß bei der Ve
liniger Abstände von gleicher Richtung innerhalb gewi
WEBER'schen Gesetze entspricht. So ergaben sich für
Schätzung horizontaler Liniendistanzen zwischen 10 u
durch gespannte Fäden hergestellt waren, und bei ei
768 mm folgende relative Werthe des mittleren variable

D	10	20	40	80	120	160
$\frac{\Delta m}{D}$	1,160	1,005	0,730	0,924	1,010	0,962

Spätere Versuche VOLKMANN's[3]) stimmen damit im

1) FECHNER, Elemente der Psychophysik, II, S. 312.
2) FECHNER, Elem. der Psychophysik I, S. 211 ff. Revision S.
3) Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik. Leipzig 1863

ı aber zugleich, dass bei sehr kleinen Distanzen (unter und wenig 1 mm) das WEBER'sche Gesetz nicht mehr zutrifft, sondern dass hier eher annähernde Constanz der absoluten Unterschiedsschwelle zu be- n scheint. Ebenso zeigen sich offenbar bei größeren Distanzen 300 bis 800 mm Sehweite) erhebliche Abweichungen. Zu dem näm- Ergebniss führten, mit einer im ganzen noch größeren Constanz elativen veriabeln Fehlers, R. FISCHER's Versuche, der sowohl hori- e wie verticale Liniendistanzen prüfte. Dabei ergab sich zugleich, der variable Fehler bei der Halbirung einer geraden Strecke geringer als bei der Vergleichung zweier unabhängig von einander gegebener 1. Im ersteren Fall betrug er nur 0,64—0,67, im zweiten 1,31—1,43 % Normaldistanz, wenn diese zwischen 6 und etwa 45 mm bei 200 mm onsdistanz des (kurzsichtigen) Auges betrug[1]. Eine sehr genaue reinstimmung mit dem WEBER'schen Gesetze ergaben endlich noch che von JUL. MERKEL, die sich aber auf Horizontalstrecken zwischen 1 50 mm beschränkten[2]. Versuche über das Augenmaß nach Methode der Minimaländerungen sind bis jetzt nur nach dem älteren

t dabei ebenso wie bei den ähnlichen Versuchen CHODIN's (Arch. f. Ophthalm. , S. 92) das Princip der Fehlermethode nicht ganz rein angewandt worden zu Vgl. hierüber G. E. MÜLLER, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 81, 207 ff. ECHNER, Revision S. 342 ff. Das Nämliche gilt von den neueren Versuchen MÜNSTER- (Beitr. zur exper. Psychol. Heft 2, S. 125 ff.) und HIGIER's (Phil. Stud. VII, S. 232 ff.), en übrigens auch die Versuchsbedingungen sehr abweichend waren, da MÜNSTER- Punktdistanzen, HIGIER im Dunkeln leuchtende Linien untersuchte. Die Versuche nd zwar in ihrer Gesammtzahl sehr groß, aber bei der Menge von Distanzen, die sie sich erstrecken, sind die auf eine einzelne Distanzgröße kommenden zu n Zahl. In Anbetracht dieser Umstände ist darauf, dass sich in den Versuchen Beobachter sowie auch in denen von CHODIN nach einer ähnlichen Methode chwankende und mit dem WEBER'schen Gesetz wenig übereinstimmende Resul- rgaben, kein Gewicht zu legen. Vgl. die Zusammenstellung bei HIGIER a. a. O. , über CHODIN's Versuche: FECHNER, Revision S. 340. Die zahlreichen Versuche 's nach der Methode der *r*- und *f*-Fälle sind leider dadurch getrübt, dass er sich erfahrens der willkürlichen Unterdrückung der Gleichheitsfälle bediente. (Vergl. 54 Anm. 1.)

[2] R. FISCHER, Arch. f. Ophthalm. XXXVII, 1, S. 97 ff.

[3] MERKEL, Phil. Stud. IX, Heft 2 u. 3. Diese Versuche sind im Unterschiede von den n nach dem Bd. I, S. 347 erwähnten mittelbaren Verfahren ausgeführt. Da nen die bei der Methode der mittleren Fehler in Betracht kommenden Größen esonderer Sorgfalt bestimmt wurden, so gibt, zugleich als ein Beispiel der An- ıng der Methode, die folgende Tabelle eine Uebersicht der beobachteten und neten Hauptwerthe. N bedeutet die Normaldistanz, M_{ar} das Mittel aller beim ng der Abstufungen von einem größeren Reiz und bei Rechtslage der Ver- sstrecken gewonnenen Werthe, M_{al} das entsprechende Mittel bei Linkslage der- ; M_{br} und M_{bl} sind die analogen Werthe beim Ausgang von einem kleineren M_a und M_b sind dann die Mittel aus M_{ar}, M_{al} und aus M_{br}, M_{bl}, endlich M ittel aus M_a und M_b. F_a, F_b und F sind die zu M_a, M_b und M gehörigen wahr-

tastenden Verfahren der eben merklichen Unterschied
VOLKMANN[2]) und CHODIN[3]) ausgeführt. FECHNER fand bei m
eine relative Unterschiedsschwelle von $\frac{1}{40}$; bei VOLKMANN
gehörige Beobachtungen sich aber nur auf sehr kleine S
bis 4,8 mm) beziehen und daher mit den andern nicht v
schwankte dieselbe im ganzen zwischen $\frac{1}{43}$ und $\frac{1}{60}$, konnte
Fällen $\frac{1}{100}$ erreichen. CHODIN erhielt, nach einem freilich
Verfahren, bei der Variation verticaler Distanzen von 2,
folgende Werthe:

2,5	5	10	20	40	80
1/17—1/26	1/29—1/32	1/37—1/45	1/53—1/57	1/44—1/36	1/39—1/32

Für horizontale Strecken war, wie auch VOLKMANN fand,
empfindlichkeit größer.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, das di
schiedsschwelle des Augenmaßes bei gewissen mittlere
deren Schätzung wir vorzugsweise geübt sind, einen annä
Werth hat, dass sie aber nicht nur untere und obere Abv
wie sie die Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes regel
sondern dass sie auch mehr, als es sonst zu geschehen
Versuchsbedingungen wechselt. Wahrscheinlich kommt b
eine Reihe bisher kaum beachteter Momente in Betr

scheinlichen Fehler, $C = M - N$ ist der constante Fehler. Jede V
M_{al} u. s. w. umfasst 50 Einzeleinstellungen.

N	M_{ar}	M_{al}	M_a	M_{br}	M_{bl}	M_b	M	F_a	F_b	F
1	0,934	1,011	0,972	0,976	1,027	1,002	0,987	0,0071	0,0067	0,0
2	1,890	1,960	1,925	1,992	2,008	2	1,962	0,0147	0,0120	0,0
5	4,92	4,96	4,94	4,985	5,070	5,03	4,984	0,0314	0,0281	0,0
10	9,85	10,07	9,96	9,94	10,46	10,05	10	0,0561	0,0551	0,0
20	19,09	20,13	19,61	19,19	20,14	19,67	19,64	0,122	0,118	0,08
50	46,81	50,41	48,61	47,78	50,17	48,97	48,79	0,279	0,282	0,4

Die Constanz der Werthe $\frac{F}{M}$ beweist die Constanz der relativen Un
lichkeit. Die Vergleichung der Werthe M_{ar}, M_{br} mit M_{al}, M_{bl} zeigt,
lage stets eine größere Vergleichsstrecke erhalten wurde als in der
wurden beim Ausgang von einem größeren Reiz (M_a) kleinere, beim
kleineren (M_b) größere Vergleichsstrecken erhalten, so jedoch, dass i
schätzung stattfindet, daher der constante Fehler C durchgängig neg

1) Elemente I, S. 233 f.

2) Physiol. Untersuchungen S. 129 ff. FECHNER, Revision, S. 350

3) Archiv f. Ophthalm. XXIII, 1, S. 99 ff.

·nzung des Sehfeldes, die Beschaffenheit, besonders die Deutlichkeit
'ixationslinien u. s. w. Außerdem scheint in den verschiedenen Ver-
·n nicht zureichend darauf Rücksicht genommen zu sein, ob und
das bewegte Auge die Strecken durchläuft. Dass in allen
n Beziehungen eine Gleichförmigkeit der Bedingungen stattgefunden
, ist bis jetzt nicht einmal bei den Versuchen eines und desselben
ıchters vorauszusetzen. Für den wesentlichen Einfluss der Bewegung
ıuges spricht in der That schon der Umstand, dass wir feine Distanz-
scheidungen überhaupt nur bei bewegtem Auge ausführen können.
ntlich aber bestätigt sich dieser Einfluss direct durch Versuche über
Genauigkeit der Unterscheidung der Augenbewegungen.
man einen im Dunkelraum befindlichen Beobachter bei fixirtem
e seine Augen auf einen plötzlich erzeugten elektrischen Funken
ellen, so vermag er, wie DONDERS fand, nach der Convergenz-
engung innerhalb mäßiger Distanzgrenzen sehr genau die Ent-
ıng des Lichtpunktes zu bestimmen, indem er den Zeigefinger an-
rnd richtig auf denselben einstellt [1]). Um die Unterschiedsempfindlichkeit
vechselnde Convergenzbewegungen zu ermitteln, führte ich folgende
uche aus. Der Beobachter blickte durch einen in einem aufrecht
·nden Brett angebrachten horizontalen Schlitz mit beiden Augen nach
weißen Wand in der Ferne. Zwischen dieser und den Augen wurde
vertical aufgehängter und durch ein Gewicht gespannter schwarzer
n in der Medianebene hin- und hergeschoben, so dass sich beide
n in symmetrischer Convergenz auf ihn einstellten. Man bestimmte
in den verschiedensten Distanzen vom Auge durch kleine Verschie-
gen des Fadens diejenige Convergenzänderung, bei welcher die An-
rung oder Entfernung eben bemerkt wurde [2]). Die Resultate dieser

---

[1]) DONDERS, Archiv f. Ophthalm. XVII, 2, S. 16 ff. Die Entfernung des Lichtpunktes
ınkte in diesen Versuchen zwischen 65 und 610 mm, der Schätzungsfehler zwi-
2, 4 und 4,2 %. Dabei kam aber dieser wahrscheinlich großentheils auf Rech-
der Fingerbewegung. Zu ähnlichen Ergebnissen kam J. VON KRIES (Festschr. zu
HOLTZ' 70. Geburtstag, S. 175 ff.), als er gerade Linien oder Punktdistanzen kurz
ihrer Betrachtung aus der Erinnerung nachzeichnete. Der mittlere variable Fehler
eproduction war bei Linien etwas kleiner als bei leeren Distanzen (dort 0,89—1,78,
1,63—3,26 %), er war aber im letzteren Falle, wo die Strecken nur mittelst der
ıbewegung abgeschätzt werden konnten, immer noch ziemlich klein.

[2]) WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 195, 415. Ich habe
Versuche, um den Einfluss, den die Verschiebung des Netzhautbildes ausübt,
seitigen, so ausgeführt, dass die Augen, nachdem sie im Moment der Bewegung
'adens geschlossen waren, immer zuerst auf die entfernte Wand, und dann auf
näher gerückten Faden sich einstellten. Der Umstand, dass man hierbei einen
wärtigen Eindruck mit einem im Gedächtniss zurückgebliebenen vergleicht,
ndet keinen Unterschied mit den Augenmaßversuchen, da bei diesen die zwei
ızen ebenfalls durch successive Ausmessung verglichen werden. In andern Ver-
n wurde außerdem der Faden fortwährend fixirt, während die Annäherung statt-
ohne dass dabei die Resultate merklich andere wurden. Die Annahme, dass

Versuche sind in der folgenden Tabelle enthalten, in welc
absolute Entfernung des Fadens vom Beobachter, unter A
liche Verschiebung desselben in Centimetern verzeichnet
zu S gehörigen Werthe des Winkels an, den die Gesichtsl
der beiden Augen mit der horizontalen Verbindungslini
punkte bildet, a die aus A berechneten kleinen Aenderungen
die letzte Reihe v enthält das Verhältniss der eben merklic
zur absoluten Entfernung.

S	s	A	a	v
180	89° 2,5′	3,5	68″	1/50
170	88° 59′	3	66″	1/55
160	88° 55,5′	3	73″	1/54
150	88° 51′	3	85″	1/48
130	88° 40,5′	2	74″	1/64
110	88° 26′	2	104″	1/54
80	87° 51′	2	199″	1/39
70	87° 32,5′	1,5	198″	1/45
60	86° 34′	1	252″	1/50

Hiernach nimmt mit zunehmender Convergenz die a
verschiebung der Gesichtslinie, die noch bemerkt werden l
zu, die unter v verzeichnete relative Aenderung zeigt d
ringe Schwankungen, so dass man, mit Rücksicht auf die
der Methode, die Beobachtungen wohl als hinreichen
stehend mit dem Weber'schen Gesetze betrachten kann. A
sich dieser Reihe noch zwei beachtenswerthe Ergebnisse ent
stimmt die absolute Größe der eben merklichen Winke
des Auges unter den günstigsten Bedingungen, bei m
Convergenz nämlich, sehr nahe mit den kleinsten Untersch
hautbildes überein, wie sie sich unter den gewöhnlich
dingungen ergeben (S. 99 ff.), zweitens fällt die Unterschie
die Drehung des Auges nahe zusammen mit den eben m
schieden des Augenmaßes für Distanzen (S. 134). Das erste

bei diesen Versuchen die Annäherung des Fadens an der Verschieb
bildes bemerkt worden sei, wird überdies durch die Thatsache v
fortwährender Fixation die Unterscheidungsgrenze v in derselben We
rend doch dann ihre absolute Größe constant, nämlich ungefähr gl
erkennbaren Unterschied des Netzhautbildes bleiben müsste; sie ü
selben, wie die obige Tabelle lehrt, schon bei einer Entfernung d
eine geringe Convergenzanstrengung voraussetzt (70—50 cm), um
seiner Größe. Der Vermuthung von Helmholtz (Physiol. Optik, S. 65
Versuchen vielleicht das Auge ruhend geblieben sei und dagegen
sich verschoben habe, widersprechen also schon die Ergebnisse de
sehen davon, dass so bedeutende Verschiebungen der Netzhautbi
entstehenden Doppelbilder bemerkt werden müssten, und dass m
wandten Convergenzanstrengung unmittelbar bewusst ist.

cht dafür, dass die Augenbewegung schon bei der Auffassung der
nsten erkennbaren Unterschiede des Netzhautbildes von bestimmendem
lusse ist; das zweite macht es wahrscheinlich, dass unser Augenmaß
den Unterschied von Distanzen auf unserer Fähigkeit, Grade der Augen-
egung zu unterscheiden, beruht. Damit ist die Gültigkeit des WEBER-
n Gesetzes für das Augenmaß mit großer Wahrscheinlichkeit auf seine
igkeit für die Bewegungsempfindungen zurückgeführt.

Sobald nun die Schätzungen des Augenmaßes mit der Ueber- oder
rschätzung einer räumlichen Größe im Verhältniss zu einer andern mit
verglichenen verbunden sind, so bezeichnen wir solche Abweichungen
normale Täuschungen des Augenmaßes oder auch, weil die-
en vorzugsweise leicht an einfachen geometrischen Figuren bemerkt
den, als geometrisch-optische Täuschungen. Mit Rücksicht auf
wahrscheinlichen Bedingungen können wir zwei Classen dieser
schungen unterscheiden: solche, die mit Asymmetrien der Mus-
wirkung zusammenhängen, und andere, die in der Art der Aus-
ung des Sehfeldes ihren Grund haben.

Auf Asymmetrien der Muskelwirkung lassen sich mit großer
rscheinlichkeit alle jene Abweichungen des Augenmaßes zurückfüh-
, welche eintreten, wenn wir Strecken von verschiedener Richtung
leichen. Der Fehler in der Schätzung der Raumgrößen wird hier
rößert, indem die Auffassung der Distanzen constante Unterschiede
t, die bei der Vergleichung der verticalen und horizontalen Richtung
größten sind. Verticale Abstände halten wir regelmäßig für größer
gleich große horizontale. Will man daher nach dem Augenmaß eine
lmäßige Figur, z. B. ein Quadrat, ein gleichschenkliges Kreuz, zeichnen,
nacht man immer die verticale Dimension zu klein, und ein wirkliches
drat erscheint wie ein Rechteck, dessen Höhe größer ist als seine
s[1]). Die Täuschung ist am größten, wenn man Punktdistanzen ver-

1) Zuerst hat, wie ich glaube, OPPEL (Jahresber. des Frankfurter Vereins, 1854 bis
, S. 37) auf diese Täuschung aufmerksam gemacht. Ohne dessen Beobachtungen zu
ıen, habe ich die gleiche Erscheinung bemerkt und sie alsbald auf die Asymmetrie
Muskelanordnung zurückgeführt (Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung,
58). Mit Unrecht sind auch Versuche von FICK hierauf bezogen worden, in denen
elbe ein kleines schwarzes Quadrat auf hellem Grunde abwechselnd in Höhe- und
tedurchmesser vergrößert sah: sie sind offenbar auf die reguläre Meridianasym-
rie des Auges zurückzuführen, wie dies auch von FICK selbst geschehen ist. (FICK,
schr. f. rat. Med., 2. R. II, S. 83. HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 596.) Neuerdings
HOLTZ abermals auf die Erscheinung aufmerksam gemacht. (WIEDEMANN's Ann., X,
58.) Seine Deutung, dass sie von der Gewohnheit an das Sehen körperlicher
cte herrühre, und dass wir daher z. B. das Quadrat perspectivisch für den Umriss
s Rechtecks ansehen, ist schon deshalb unhaltbar, weil die Täuschung bei ein-
en geraden Linien und noch mehr bei Punktdistanzen größer als bei regelmäßigen
netrischen Figuren ist.

gleicht, wo ich sie bis auf $^1/_5$ sich erheben sah, indem
Distanz von 20 eine horizontale von 25 mm gleich gesch
ist kleiner bei der Vergleichung von Lineargrößen, und au
sie nach der Beschaffenheit der Figuren: ich finde sie
gleichschenkligen Kreuz oder an einem gleichschenklig
gleicher Höhe und Grundlinie größer als an einem Qua
schwindet völlig beim Kreis. FISCHER fand sie beim Kr
(100 : 115), wenn die Länge der Kreuzarme 7 bis 30,8 mm h
fand den relativen Werth des Unterschieds außerdem ab
absoluten Größe der Distanzen, mit der er zuerst rasch zu
annähernd constant zu bleiben. Es ergaben sich nämlich b
von Lineardistanzen folgende relative Unterschiede[2]):

bei 2,5	5	10	20	40	80	1
$^1/_{61}$	$^1/_{36}$	$^1/_{20}$	$^1/_{15}$	$^1/_{12}$	$^1/_{9,5}$	[illegible]

Der Grund der geringeren Abweichungen bei reguläre
Figuren liegt wohl darin, dass wir bei ihnen die Un
Schätzung einigermaßen corrigiren gelernt haben. Ein de
fällt am meisten hinweg bei der Schätzung von Punktdista
wir daher wahrscheinlich den ursprünglichen Unterschie
maßes am nächsten kommen. Man kann aber diese Unte
verschiedene Größe der Muskelanstrengung zurückführen
braucht, um sich nach den verschiedenen Richtungen
bewegen. Wir sahen, dass unter den einfachsten m
dingungen die Seitenwendung des Auges in der Prim
indem an derselben nur das Muskelpaar des Rectus exter
in merklicher Weise betheiligt ist. Dagegen wirken b
und Senkung zwei Muskelpaare, Rectus superior und i
Obliqui, zusammen, und nach der Lage dieser Muskeln n
Theil des Drehungsmomentes eines jeden durch dasjenig
gegebenen Muskels aufgehoben werden; denn der gerade
zusammenwirkende schiefe Muskel unterstützen sich nu
Hebung und Senkung, sie wirken sich aber entgegen i
Rollung des Auges um die Gesichtslinie. Hebung und Sen
also mit größerer Muskelanstrengung als Außen- und Innen
nun die Bewegungsempfindung ein Maß der Muskelanstreng
des bei der Bewegung zurückgelegten Weges abgibt, so e
gezwungen jene mit der Richtung wechselnden Unterschied
Damit ist übrigens durchaus nicht gesagt, dass wir, um

1) FISCHER a. a. O. S. 102.
2) CHODIN a. a. O. S. 106.

chung hervortreten zu sehen, eine wirkliche Bewegung des Auges aus-
en müssen. Vielmehr ist dieselbe bei starrer Fixation der Figuren
bei momentaner Beleuchtung durch den elektrischen Funken zwar
iger, aber ebenfalls noch deutlich zu sehen. Dies hängt mit der, wie wir
er unten sehen werden, durchweg nachweisbaren Fähigkeit unseres
chtssinns zusammen, Raumgrößen, bei deren Abmessung ursprünglich
Bewegung des Auges wirksam gewesen ist, dann auch nach dem un-
egten Netzhautbild abzuschätzen. Dieser Gesichtspunkt ist übrigens
allen noch zu besprechenden Erscheinungen festzuhalten. Wenn ein
iomen nur bei bewegtem Auge wahrgenommen wird, so ist damit
dings der Einfluss der Bewegung auf dasselbe bewiesen; man kann
nicht, wie es bisweilen geschehen ist, umgekehrt schließen, auf
Phänomen, das in der Ruhe bestehen bleibt, sei die Bewegung ohne
uss.

Aehnlichen, doch viel geringeren Täuschungen sind wir bei der Ver-
hung solcher Entfernungen unterworfen, von denen die eine im obern,
andere im untern Theile des Sehfeldes gelegen ist: wir sind dann
igt, die obere Distanz zu überschätzen. Sucht man eine verticale
de Linie nach dem Augenmaß zu halbiren, so macht man daher die
e Hälfte in der Regel zu klein; in Versuchen von Delboeuf belief sich
durchschnittliche Differenz auf $^1/_{16}$[1]. Diese Ueberschätzung der oberen
le des Sehfeldes macht sich vielleicht auch bei folgender Beobachtung
nd: ein S oder eine 8 in gewöhnlicher Druckschrift scheinen aus einer
en und unteren Hälfte von beinahe gleicher Größe zu bestehen; stellt
aber beide Zeichen auf den Kopf: S, 8, so bemerkt man auf den
en Blick die Verschiedenheit[2]. Ebenso werden bei der Ausmessung
äußern und innern Hälfte des Sehfeldes kleine Unterschiede beobachtet;
sind aber nur bei einäugigem Sehen wahrnehmbar. Bei binocularer
achtung halbirt man nach dem Augenmaß eine horizontale Linie ziem-
genau in der Mitte; die kleinen Fehler, die begangen werden, weichen
hschnittlich ebenso oft nach der einen wie nach der andern Richtung
. Sobald man dagegen das eine Auge schließt, so ist man geneigt die

1) Delboeuf, Note sur certaines illusions d'optique. (Bulletins de l'acad. roy. de
que. 2me sér. XIX, 2. p. 9.)

2) Delboeuf a. a. O. p. 6. Uebrigens ist diese Differenz offenbar weniger constant
die vorige; Fischer fand, dass er umgekehrt regelmäßig die obere Hälfte der
calen unterschätzte, so dass bei der scheinbaren Halbirung die untere zur oberen
ke sich wie 100 : 103,22 verhielt (a. a. O. S. 102). Es ist zu bemerken, dass F.'s
n stark myopisch sind. Herr Mellinghoff fand bei seinen in meinem Laboratorium
eführten Beobachtungen an verschiedenen Individuen zwar die Größe der Täu-
ng wechselnd, ihre Richtung aber constant in dem von Delboeuf beobachteten
e.

3) Nur Münsterberg hat auch bei bewegtem Doppelauge eine constante Abweichung
zwar links Ueberschätzung, rechts Unterschätzung einer horizontalen Strecke be-

äußere Hälfte, also für das rechte Auge die rechte, für
die linke, zu klein zu machen. FISCHER fand bei verschi
durchschnittlich an seinem rechten Auge das Verhältniss
113,15 : 116,21, an seinem linken 114,49 : 115,44[1]). K
Schätzungsfehler zuerst bemerkte, erhielt bei freilich nu
(10 cm in 226 mm Entfernung) viel kleinere Werthe, näm
rechts, und 100 : 100,66 links[2]). Auch diese Erscheinungen
der Vertheilung der Muskelkräfte am Augapfel. Der untere
den oberen geraden Augenmuskel bei gleicher Länge zie
an Querschnitt, ebenso der innere den äußeren[3]). Demg
wohl annehmen, dass, um eine gleich große Excursion
Stande zu bringen, der obere Muskel einer etwas größe
Innervation bedarf als der untere, der äußere einer g
innere. Die erwähnten Erscheinungen scheinen also in
hervorgehobenen Bevorzugung der geneigten Blickrichtun
vergenzbewegungen ihren Grund zu haben. Diese Annal
dies dadurch, dass HIGIER an seinen Augen, die an einer
Rectus internus leiden, die entgegengesetzte Abweichu
bestätigt[4]).

Analoge constante Fehler treten bei der Schätzung
von Linien und der Größe von Winkeln ein. Erricht
Horizontallinie eine genau senkrechte Gerade, so scheint
äugigem Sehen nicht vollkommen vertical zu liegen, sond
oben und innen, also für das rechte Auge mit dem ob
links, für das linke nach rechts geneigt zu sein. Der
welchen die Verticale mit der Horizontalen macht, ersche
größer, der innere etwas kleiner als 90°. In Versuchen
trug die Differenz durchschnittlich 1,307° für das linke
rechte Auge[5]). DONDERS fand, dass die Neigung verände
innerhalb kurzer Zeit bei normalen Augen zwischen 1
graden variiren kann[6]). Auf diese Veränderungen ist nic
tung der Blicklinien sondern selbst die Richtung der Cont
von Einfluss, indem fortwährend das Streben besteht, ei

obachtet, welche Abweichung sich bei fixirendem Blick noch erhe
bringt dies mit der durch die Gewohnheit des Lesens begünstigten E
bewegungen von links nach rechts in Zusammenhang (a. a. O. S. 167).
diese Abweichung des rechten und linken Auges eine singuläre E
da sie kein anderer Beobachter bestätigen konnte.

1) FISCHER a. a. O. S. 112.

2) KUNDT, POGGENDORFF's Annalen, CXX, S. 118.

3) Siehe oben S. 112 Anm. 4) HIGIER a. a. O. S. 224, 273.

5) VOLKMANN, Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik. II

6) DONDERS, Archiv f. Ophthalm., XXI, 3. S. 100 f.

nz der beiden Netzhautbilder durch schwache Rollbewegungen des
es um die Blicklinien auszugleichen[1]). Eine unmittelbare Folge der
gebenen Täuschung ist es, dass, wenn man zu einer gegebenen Hori-
alen eine Senkrechte nach dem Augenmaß zieht, man derselben eine
ihrem obern Ende nach außen geneigte Lage gibt. So ist in Fig. 156
die scheinbare Verticale für mein rechtes, cd für mein linkes Auge;
Richtungen der wirklichen zur Horizontallinie AB in r und l senkrecht
enden Geraden ist durch die kurzen Striche $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ angedeutet.
binocularer Betrachtung verschwindet die Täuschung, ähnlich derjenigen
r die Halbirung einer horizontalen Entfernung, oder es bleiben höchstens
kleine Abweichungen. Auch diese Erscheinung, findet in den Gesetzen
Augenbewegung ihre Erklärung. Wir sahen, dass sich in Folge der
ugsweise für das Sehen in geneigter und convergirender Stellung der

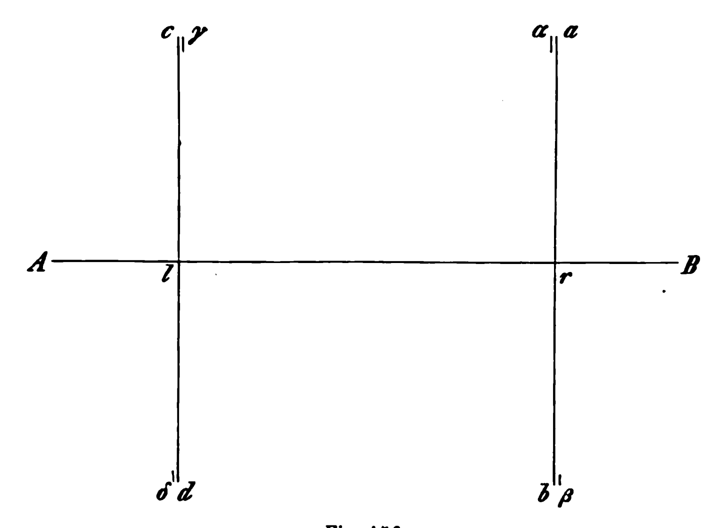


Fig. 156.

ichtslinien angeordneten Vertheilung der Muskelkräfte die Senkung des
ks unwillkürlich mit Einwärtswendung, die Hebung mit Auswärtswen-
g verbindet. Wollen wir daher den Blick in verticaler Richtung von
n nach unten bewegen, so wird er dabei unwillkürlich etwas nach
en abgelenkt. Demgemäß wird denn auch diese Bewegung als eine
he aufgefasst, welche der verticalen Richtung im Sehfeld entspricht, und
e wirkliche Verticallinie muss nun nach der entgegengesetzten Seite ge-
gt erscheinen. Es gibt einen bestimmten Fall, wo das Auge, wenn es
e im Blickfeld verticale Gerade fixirend verfolgen will, in der That jene

1) Vgl. unten Nr. 5.

schwache Einwärtsdrehung ausführen muss, dann nämlich,
Blickfeld auf einer abwärts geneigten Richtung der Gesich
steht, d. h. wenn die Gerade mit ihrem oberen Ende vom
geneigt ist. So steht auch diese Erscheinung wieder in B
Lage der Primärstellung und der bevorzugten Bedeutun
das Sehen [1]).

Aehnliche constante Fehler treten bei Halbirungen v
Sie sind theils von der Lage der Winkelschenkel theils vo
Winkel abhängig. In Bezug auf die erstere machen sich
schätzungen wieder die für die Schätzung von Strecke
Abweichungen geltend, indem z. B., wenn die Halbirungs
ist, zwischen der oberen und unteren Hälfte eines Winkel
Differenz besteht, die der Schätzungsdifferenz der Theile
entspricht. Kreuzen sich zwei gerade Linien rechtwinkli
die Wechselwinkel nur dann einander annähernd gleich, we
arme horizontal und vertical liegen, in allen andern Lage
stens einige der vier rechten Winkel scheinbare Abweich

Die zweite Classe geometrisch-optischer Täu
ruht, wie oben (S. 137) bemerkt wurde, auf der Art der
Sehfeldes. Zeichnet man eine Linie und daneben als u
längerung derselben eine Punktdistanz von gleicher Größe,
so erscheint die letztere kleiner. Zeichnet man ferner,
eine Linie, deren eine Hälfte getheilt, die andere ungeth
scheint hinwiederum die letztere Hälfte kleiner als die erst

Fig. 157.

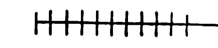


Fig. 158.

verschwindet der Unterschied, wenn man in der leeren
Punkte anbringt, in Fig. 158 ist er von der Anzahl der
hängig, und die Täuschung geht, wenn die Theilung nu
maligen Halbirung der links gelegenen Strecke besteht, in
über: die getheilte Linie erscheint jetzt kleiner als die
Alle diese Täuschungen sind übrigens größer, wenn ma
trennte Linien, als wenn man die beiden Hälften einer ein
Füllt man ferner den Flächenraum eines Quadrats im

1) Vgl. S. 114 ff.
2) R. Fischer, Archiv f. Ophthalmologie XXXVII, 3, S. 55 ff.
3) Diese Beobachtung verdanke ich, ebenso wie mehrere ander
gende, Herrn Mellinghoff, der mit einer eingehenden Untersuchung
optischen Täuschungen beschäftigt ist.

llelen Horizontallinien, im andern mit Verticallinien aus, so erscheint die verticale, hier die horizontale Dimension größer (*A* und *B* Fig. 159); letzteren Fall wird also die gewöhnliche Begünstigung der Höhenension im Augenmaß überwunden. Eine schräge Linie, die man durch solche Figur zieht, z. B. *ab*, erscheint in Folge dessen an der Ein- Austrittsstelle etwas geknickt, indem wegen der Verbreiterung die äge Richtung der Geraden innerhalb der Figur vermindert erscheinen

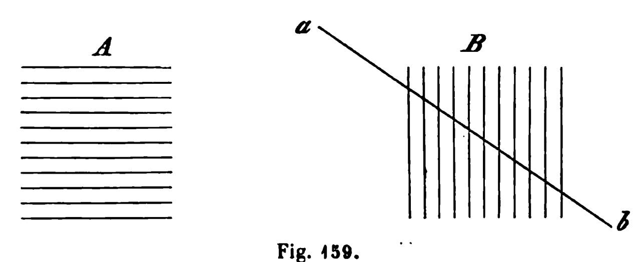


Fig. 159.

s. Auch diese Erscheinung zeigt ein Maximum bei einer gewissen eren Anzahl von Theilungslinien, unter und über welcher sie kleiner und endlich ganz verschwindet.

Analoge Erscheinungen treten bei der Theilung von Winkeln auf. n von zwei gleich großen Winkeln der eine ungetheilt, der andere iele kleinere Winkel eingetheilt ist, so erscheint dieser größer als r. So hält man von den zwei rechten Winkeln in Fig. 160 den eineilten für größer als den nicht eingetheilten; auch erscheint die Horiallinie in ihrer Mitte etwas geknickt, so als wenn beide Winkel zu-

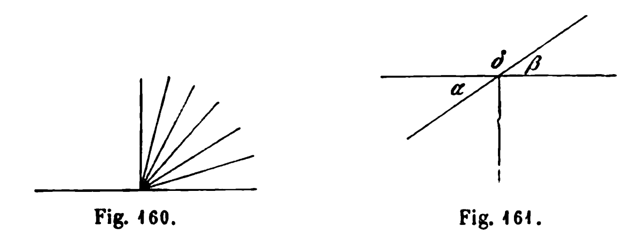


Fig. 160. Fig. 161.

men größer als 180° wären. Ebenso erscheint von zwei ungleichen keln, die zusammen 180° ausmachen (Fig. 161), der stumpfe verhältnissig zu klein und der spitze zu groß. Der Grund liegt wohl darin, dass wir mein geneigt sind, kleine Raumgrößen gegenüber größeren derselben Art berschätzen. Die zwei Schenkel eines spitzen Winkels scheinen in Folge en eine Art abstoßender Wirkung auf einander auszuüben. Wenn man der entgegengesetzten Seite ein Loth zieht, so erscheint daher der Win- β größer als der ihm gleiche Scheitelwinkel α. Aus dem gleichen Princip

erklärt sich auch die auffallende Täuschung bei dem v
schriebenen Muster in Fig. 162[1]). Die in Wirklichkeit p
streifen desselben erscheinen nicht parallel, sondern immer
Richtung divergirend, nach welcher die Querstreifen ge
Täuschung ist am geringsten, wenn die Längsstreifen vertica
gestellt sind, sie wird am größten, wenn man denselben
eine Neigung von 45⁰ zum Horizont gibt, eine horizontale Ric
vorausgesetzt. Sie
und verschwindet
wenn man einen I
nung starr fixirt;
annähernd ebenso
man durch eine R
Funken in schnell
genden Momenten
leuchtet. Da w
Winkel für größer
wirklich sind, so m
streifen nach der S
die spitzen Winkel
vergiren scheinen.
ser Täuschung wird
dadurch mitbeeinflu



Fig. 162.

Anschauung mehr oder weniger Anhaltspunkte sind, den I
Längsstreifen zu erkennen. Deshalb ist offenbar bei ver
zontaler Richtung der letzteren die Täuschung ein Mi
diesen Richtungen sind wir hauptsächlich geübt, das Ric
von Linien auszumessen[2]). Aus demselben Grunde kann
schung bei starrer Fixation oder im Nachbilde verschwind
nämlich das Bild unverändert auf dieselben Netzhautstell
heren Wahrnehmungen auf parallel gelegene Objecte b

Auch die Abhängigkeit des Augenmaßes von der Au
stände mit Fixationspunkten und Linien lässt sich auf
empfindungen des Auges zurückführen. Es ist anstrengen
Linie fixirend zu verfolgen, als dieselbe Distanz mit freiem
eilen. Der Grund liegt wohl darin, dass bei der freie

1) Zoellner, Poggendorff's Annalen, CIX, S. 500. Wieder ab
Werk: Ueber die Natur der Cometen. Leipzig 1872, S. 380 ff.

2) Durch directe Versuche ermittelte Mach, dass der mittlere
der Abschätzung des Parallelismus zweier Linien bei verticaler un
nur 0,2—0,3⁰ betrug, während derselbe bei einer Neigung von 45
sich erhob. (Mach, Sitzungsber. der Wiener Akad., 2. Abth., XLIII

immer diejenigen Bahnen einschlägt, die ihm aus mechanischen
den die bequemsten sind, während die Verfolgung bestimmter Fixa-
inien stets einen gewissen Zwang voraussetzt[1]). Ist ferner statt der
onslinie eine Reihe discreter Fixationspunkte gegeben, so wird die
Bewegung in eine Anzahl kleiner Bewegungsanstöße getrennt. Eine
intermittirende Bewegung ist aber offenbar wieder anstrengender
e continuirlich fixirende. Dass bei der Anbringung bloß eines ein-
Theilungspunktes die Täuschung in ihr Gegentheil umschlägt, erklärt
vohl daraus, dass man, sobald an einer Geraden die Mitte markirt
geneigt ist die ganze Linie durch Fixation des Mittelpunktes simul-
ufzufassen, ohne sie zu durchlaufen. Darum hat auch ein außerhalb
litte angebrachter Theilungspunkt nicht diese Wirkung. Uebrigens
für diese Täuschungen wiederum festgehalten werden, dass sie,
auch die Bewegung ihre Quelle ist, doch bei ruhendem Auge nicht
endig verschwinden, obgleich manche allerdings bei starrer Fixation
ger werden. Dies hat keine Schwierigkeit, sobald man annimmt, dass
ewegung überhaupt ein wesentlicher Factor bei der Bildung der Ge-
vorstellungen ist[2]). Wohl aber bedarf die Frage, wie es möglich
dass sich die bei der Bewegung entstandene Lagebestimmung der
e fixirt, einer besonderen Untersuchung, auf die wir am Schlusse
Capitels zurückkommen werden.

Die im obigen beschriebenen Täuschungen des Augenmaßes lassen sich
r mannigfaltigsten Weise variiren; hier
nur noch einige Beispiele angeführt
n. Einen weiteren Beleg zu dem Satze,
wir stumpfe Winkel zu klein, spitze
oß schätzen, gibt die Fig. 163. Da man
rselben die Winkel, welche die Seiten
ingeschriebenen Quadrats mit den Kreis-
bilden, zu groß sieht, so erscheint jeder
ier Kreisbogen stärker gekrümmt, als ob
nem Kreis von kleinerem Halbmesser
örte, und die Seiten des Quadrats schei-
ein wenig nach einwärts gebogen zu
In Fig. 164 erscheint in Folge des

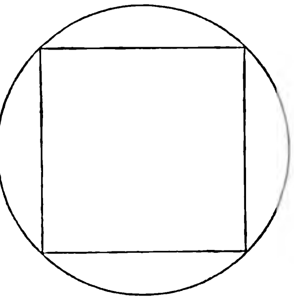


Fig. 163.

1) Dies gilt auch für den Fall, wo das Auge von der Primärstellung aus im
n Blickfeld gerade Linien zu verfolgen hat, da auch hier, wie die oben S. 116
angeführten Nachbildversuche lehren, das frei bewegte Auge nicht vollkommen
LISTING'schen Gesetze folgt. Natürlich wird der Zwang zur Fixation nicht auf-
en, wie LIPPS (Psychologische Studien, Heidelberg 1885, S. 29) anzunehmen scheint,
man keine Gerade, sondern irgend eine krumme Linie fixirend verfolgen lässt,
wenn man zufällig diejenige treffen sollte, die dem bequemsten Weg des Auges
icht. Wenn Jemand auf einer Sandfläche zuerst ungezwungen einen Weg zurück-
nd dann ein zweites Mal die zuvor hinterlassenen Fußspuren aufsucht, so werden
chwerlich beide Leistungen gleich leicht vorkommen.

2) Vgl. oben S. 139.

vergrößerten Aussehens der beiden spitzen Winkel *ace* u
rade *ab* bei *c* geknickt, so dass *ac* und *bc* nach unten
pfen Winkel von nicht ganz 180° mit einander zu bild
umgekehrte Täuschung bemerkt man wegen der scheinbaren
Winkel *a* und *b* an Fig. 165, wo die Stücke *ac* und *cb*
etwas nach oben geknickt scheinen. Bringt man an ei

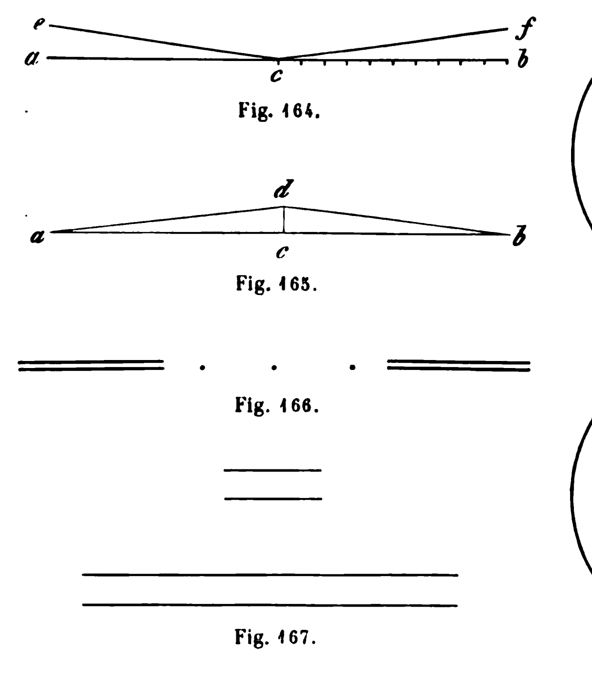


Fig. 164.

Fig. 165.

Fig. 166.

Fig. 167.

Fig

schenkel, z. B. *cb*, eine Theilung an, so ist man, wie MELLINGHOFF beobachtete, geneigt die der Spitze des Winkels anliegenden Theilstücke für kleiner zu halten als die entfernteren. Diese Täuschung weist darauf hin, dass die Linie *cf* um so mehr, je näher sie an *cb* heranreicht, durch eine Art Attraction des Blickes eine Neigung zur Verticalbewegung erzeugt, welche mit der Ueberschätzung des Winkels zugleich eine lineare Unterschätzung in horizontaler Richtung hervorbringen muss. Sehr schön zeigen sic
einer solchen Attraction des Blicks auch in der ebenfalls von
fundenen, in Fig. 166 dargestellten Täuschung. In ihr sind
zwei Parallellinien gezogen, mit einer frei gelassenen mitt
welcher in der Richtung der unteren Parallelen einige Punkt
Diese Punkte erscheinen aber nach oben verschoben, als g

n, zwischen der oberen und unteren in der Mitte liegenden Parallelen an. die in diesen Erscheinungen zu Tage tretende Beeinflussung der Blickgungen durch benachbarte Linien wesentlich von der Ausdehnung derselben ngt, zeigt die Fig. 167, wo die oberen Parallelen weiter von einander rnt zu sein scheinen als die unteren. Indem hier der Blick stärker zur ontalbewegung angeregt wird als dort, tritt eine relative Unterschätzung erticalen Distanz ein. Auf den nämlichen Grund lässt sich die Täuschung g. 168 zurückführen, wo in *A* der innere Kreis größer erscheint, als der gleiche isolirte Kreis *C*, der äußere dagegen kleiner als der gleiche Kreis *B*. n die Bewegung des Blicks in der Richtung der einander parallelen Kreisherien wird die Distanz der concentrischen Kreise in *A* unterschätzt, und n hierdurch beide einander genähert werden, verkleinert sich der äußere und ößert sich der innere Kreis. Die nämliche Täuschung beobachtet man bei in ähnlicher Weise gezeichneten concentrischen Figuren, z. B. Dreiecken, raten u. s. w. Bringt man aber im Mittelpunkt einer solchen concentrischen , z. B. der Kreise in *A*, Fig. 168, eine Marke an, welche einen gewissen g zur Fixation ausübt (einen deutlich sichtbaren schwarzen Punkt oder Buchstaben, ein Fragezeichen u. dergl.), so verschwindet die Täuschung ar in Folge einer analogen Verminderung der Bewegungstendenz, wie wir en bei der Markirung des Mittelpunktes einer Geraden beobachtet haben.

Die in Figur 164 und 165 dargestellten Winkeltäuschungen werden verrt, wenn man auf der gleichen Grundlinie zu *ce*, *cf* (Fig. 164) oder *ad*, ig. 165) links und rechts Parallellinien zieht, wie in den Hering'schen rn Fig. 169, wo außerdem durch die symmetrisch angebrachten untern der Figur die parallelen Linien *ab* und *cd*, ähnlich wie in dem Zoellner-

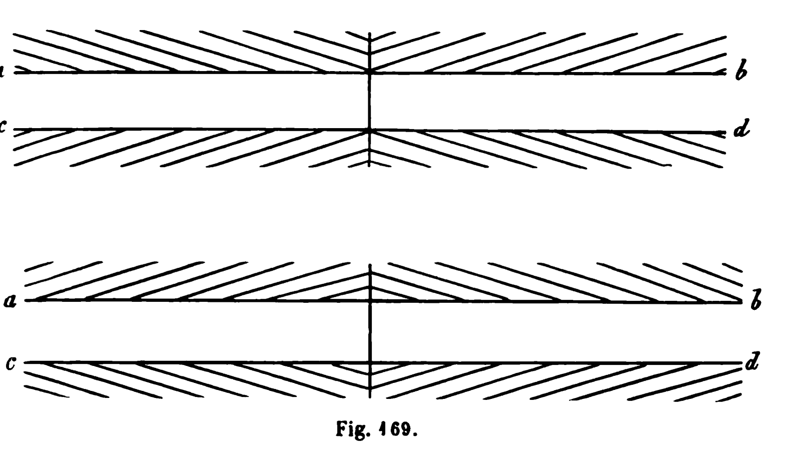


Fig. 169.

Muster, nicht parallel erscheinen, sondern in der oberen Figur von beiden her nach der Mitte divergirend, in der untern nach der Mitte converl. Die Täuschung wird um so größer, je spitzer man die Winkel macht: erschwindet bei starrer Fixation oder im Nachbilde. Das nämliche ist bei benfalls von Hering construirten Fig. 170 der Fall. Auch hier scheinen inien *ab* und *cd*, die in Wirklichkeit parallel sind, gegen ihre beiden

Enden zu convergiren. Neben der Ueberschätzung der spitz
die vom Mittelpunkt aus gezogenen Strahlen mit den Parallell
hier noch der Umstand mit, dass die leeren Winkel bei *ac*
klein geschätzt werden; es vermindert sich daher die Täus
durch Ausfüllung derselben den Stern vollständig macht.
fordern die Täuschungen in Fig. 171 *A* und *B* eine gemisc
A erscheint nicht *b*, sondern *c* als Fortsetzung von *a*, obgle
Fortsetzung und *c* parallel nach oben verschoben ist. I
scheinen in *B* die drei Stücke der Geraden *ab* Bruchstücke

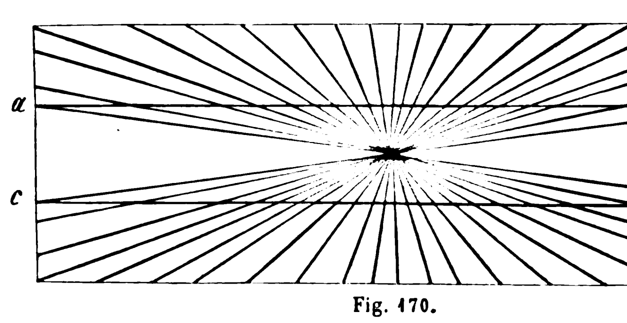


Fig. 170.

ander paralleler Linien zu sein. Da uns in verticaler Richt
geboten sind, während in horizontaler solche fehlen, so sch
ticale Dimension zu groß, eine Täuschung, welche durc
Ueberschätzung der Höhendistanzen noch verstärkt wird. S
daher bedeutend, wenn man die Figur um 90° dreht. Sie
auch dann nicht ganz. Der jetzt übrig bleibende Theil der
theils aus dem zurückbleibenden Einfluss der Fixationslinien

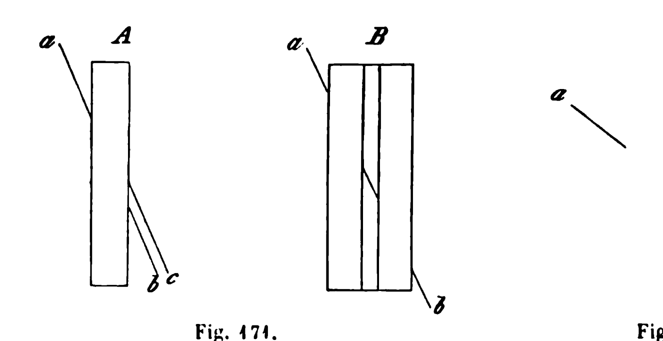


Fig. 171. Fig.

theils aus der oben aus dem Einfluss benachbarter Linien a
richtung abgeleiteten Neigung spitze Winkel zu groß zu schä
lich der Winkel, welchen die Linie *a* mit der verticalen Se
einschließt, zu groß erscheint, so muss ihre Fortsetzung au
des Vierecks zu hoch verlegt werden. Dass die gewöhnlic
der verticalen Dimension mitwirkt, lehren außerdem folgende V
man, wie in Fig. 172, einfach zwei Bruchstücke einer gerad

erscheinen dieselben im nämlichen Sinne, nur unbedeutender, gegen ein-
r verschoben wie im vorigen Fall, und eine etwas höher liegende Gerade
die scheinbare Fortsetzung von *a*. Ferner sind in Fig. 173 die Flächen-
ne *A* und *B* einander vollständig gleich, nur ist in *A* der Raum von zwei

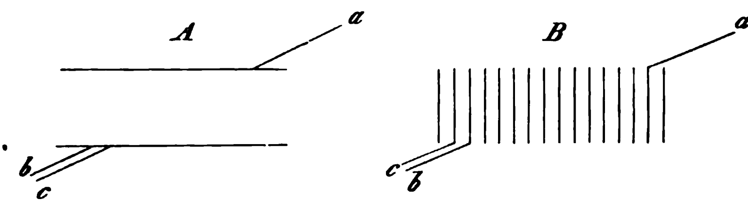


Fig. 173.

zontallinien begrenzt, in *B* von einer Menge einander paralleler Verticallinien
efüllt. In *A* sieht man die gewöhnliche Form der Täuschung, indem die
etzung *b* der Linie *a* nach *c* verschoben erscheint; in *B* aber liegt die
inbare Fortsetzung *c* auf der entgegengesetzten Seite von *b*: hier ist also durch
Verbreiterung der Figur, welche gemäß dem in Fig. 159 S. 143 gezeichneten
piel durch die parallelen Verticallinien eintritt, die scheinbare Fortsetzung
der wirklichen in horizontaler statt in verticaler
tung entfernt worden. Aehnlich wie nach den
ig. 164, 165 und 167 dargestellten Täuschungen
einander anliegenden Schenkel eines Winkels oder
haupt einander benachbarte Linien durch ihren
uss auf die Bewegung des Auges zu räumlichen

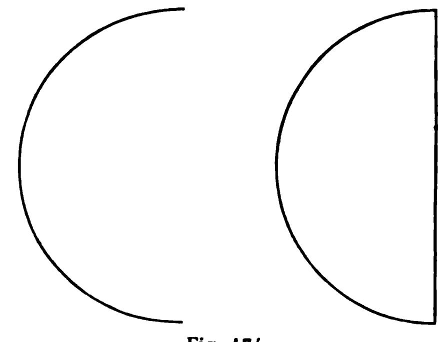


Fig. 174.

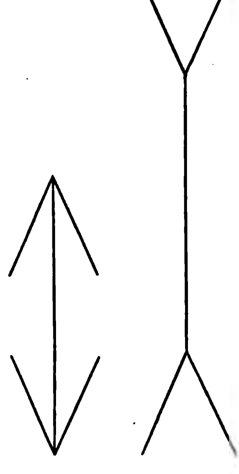


Fig. 175.

chungen Veranlassung geben können, so stellen sich solche regelmäßig
ein, wenn die Art der Begrenzung einer Linie entweder zur Fortsetzung
sie verfolgenden Bewegung oder aber zum plötzlichen Stillstand oder zur
ehrung dieser Bewegung veranlasst. Hierher gehören mehrere von MÜLLER-
beschriebene Täuschungen[1]). Ein Halbkreis erscheint kleiner, wenn ihn

1) MÜLLER-LYER, Archiv f. Physiologie, 1889, Suppl. S. 265. Ueber einige weitere
andte Täuschungen vergl. LÁSKA, ebend. 1890, S. 326.

ein Durchmesser zur Halbkreisfläche abschließt, als wenn d
fehlt (Fig. 174). In Fig. 175 erscheint die obere Gerade v
untere. Die Täuschung vermindert sich, aber sie hört ke
wenn die Gerade nicht selbst in die vorwärts oder rückwär
linien übergeht, sondern sobald diese nur hinreichend be

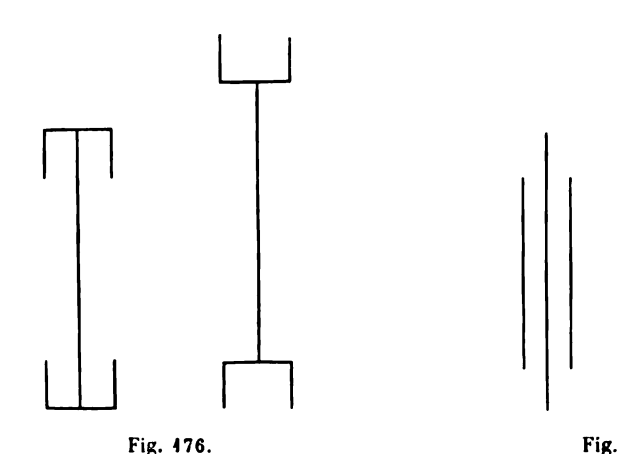


Fig. 176. Fig.

eine gewisse Wirkung auf die Blickbewegung ausüben zu
Fig. 176 und 177[1]). Den nämlichen Einfluss benachbarter
Fig. 178. Von den zwei einander gleichen Quadraten ersch
eingezeichneten verticalen Ellipse in die Höhe gezogen, d
gestellten Ellipse verbreitert[2]).

---

1) Hieraus geht hervor, dass die Täuschung nicht, wie F. B
Psychol. u. Phys. der Sinnesorg. III, S. 349 ff.) meint, aus den ober
täuschungen abgeleitet werden kann. Eine Discussion über de
zwischen Lipps und Brentano vergl. ebend. III, S. 498 und V, S.
die Hypothese Brentano's widerlegende Beispiele theilt auch De
de l'Acad. roy. de Belgique, 3, t. XXIV, no. 12, 1892).

2) Eine analoge durch den Einfluss der Umgebung erzeugte
die folgende: Die Buchstaben dieser Anmerkung scheinen größ
der vorigen. Gleichwohl sind absichtlich beide mit den nämlich
und unterscheiden sich nur dadurch, dass hier die Zwische
größer sind als dort. Indem also das Auge die gleiche Anzahl
zerem Wege überfliegt, erscheinen ihm auch die einzelnen kleiner
der Quadrate in Fig. 178 Kreise als umschließende Figuren, so
die Täuschung um: der Kreis mit der vertical gestellten Ellips
horizontaler, der mit der horizontal gestellten in verticaler Richtu
beruht darauf, dass in diesem Fall an den Stellen, wo Kreis und
Linien bilden, die Divergenz vergrößert erscheint, entsprechend
größerung spitzer Winkel. Offenbar ist aber dieser Einfluss hier
den Quadraten hervortretende der gleichlaufenden Richtungslinien.

ind hiernach alle wesentlichen Formen der Täuschungen des Augen- auf die Bewegungsgesetze des Auges und deren äußere Beeinflussung zuführen, so können übrigens in einzelnen Fällen neben diesen in er Weise die Ausmessung des Sehfeldes bestimmenden Gesetzen s e - ä r auch A s s o c i a t i o n e n des gegebenen Eindrucks mit andern vorangegangenen, theils gleichzeitig vorhandenen Vorstellungen einen Ein- ausüben. Meist sind übrigens solche Associationswirkungen so innig mit ewegungseinflüssen, theils sie verstärkend theils ihnen entgegenwirkend, den, dass es schwierig ist, sie mit Sicherheit nachzuweisen, und dass sie daher oft nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit annehmen lassen. weifelloser Fall einer solchen Association dürfte der folgende sein. In 79 erscheint von den zwei einander genau gleichen Ringstücken das

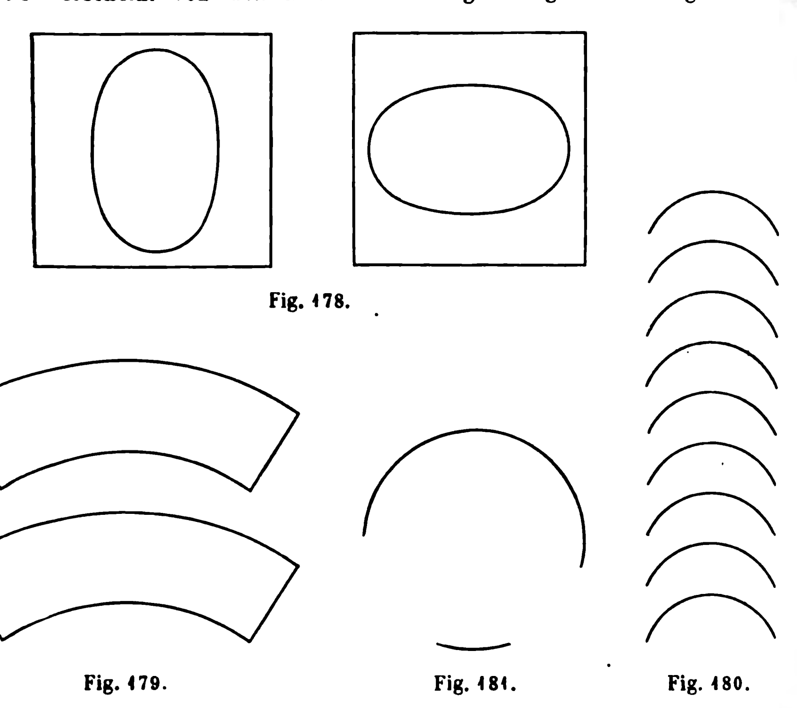


Fig. 178.

Fig. 179. Fig. 181. Fig. 180.

e kleiner als das untere[1]). Fände hier etwa in Folge der gewöhnlichen rschätzung spitzer Winkel eine Täuschung über die die Ecken der Ring- e verbindenden geradlinigen Richtungen statt, so müsste umgekehrt das e Ringstück größer erscheinen, analog der Täuschung in Fig. 180, in der sich augenscheinlich die Endpunkte der einander gleichen Bogen in ver- er Richtung verbunden denkt, wodurch nun eine der Zöllner'schen Figur 144) entsprechende Divergenz dieser imaginären Verticalen nach oben und aus die scheinbare Vergrößerung der oberen Bogen entsteht. Dagegen er-

1) Müller-Lyer a. a. O. Taf. IX, Fig. 15.

klärt sich die in Fig. 179 gesehene Täuschung aus der Associat
geläufigen Vorstellungen, in denen die beiden Ringstücke zu
selben Kreismittelpunkt gehören. Eine ähnliche Associations
freilich noch eine Bewegungstäuschung als primärer Factor n
Fig. 181. Die beiden Bogenstücke derselben gehören der
peripherie an. Aber das kleine Bogenstück scheint außerhalb
umspannten Kreises zu liegen, so als wenn es einem Kreis vo
angehörte. Hier kommt zunächst in Betracht, dass wir das
da sich die Blickbewegung über dasselbe einer geradlinige
auch als sehr wenig verschieden von einer Geraden auffass
ist dann aber Wirkung einer Association, durch die wir di
weniger gekrümmten Bogens mit der eines größeren Radi
anderen Fällen scheint umgekehrt zu einer durch die Auge
anlassten Täuschung eine Associationswirkung ausgleichend h
dürfte die Abnahme der Zöllner'schen Täuschung bei vertic
taler Lage der Längslinien (Fig. 162) darauf beruhen, da
fixirende Bewegungen der Augen in diesen Richtungen geläu
spricht auch der Umstand, dass unter den genannten Richtu
wieder die für die Täuschung ungünstigere ist, entsprechend d
Uebung in der Auffassung der senkrechten Richtung. Aeh
oben die geringe Ueberschätzung der Verticalen beim Quadr
Verschwinden des Unterschieds bei dem Kreise auf die Ge
geführt, mit den objectiv richtig construirten Figuren die en
metrischen Vorstellungen zu verbinden.

Im Unterschiede von dem hier durchgeführten Versuch,
Formen geometrisch-optischer Täuschungen vor allem aus d
baren Einflüssen der Augenbewegung abzuleiten, hat man vi
zelnen Erscheinungen verschiedenartige und zum Theil weder
auch psychologisch nachzuweisende Erklärungsgründe aufges
Hering[1]) und Kundt[2]), um die Erscheinungen zu erklären, die
oder geringeren Ausfüllung mit Fixationspunkten herrühren, a
die Entfernung je zweier Punkte nach der geradlinigen Dista
bilder, also nach der Sehne, die auf der annähernd eine Hohl
den Netzhaut zwischen denselben gezogen werden kann. D
Vergleich mit dem Bogen, den das wirkliche Netzhautbild ausfü
je größer die Distanz der zwei Punkte wird. Hiervon soll
dass wir die getheilte Hälfte einer Linie größer sehen, als d
die Summe der kleinen Sehnen, die der getheilten Hälfte in
entsprechen, größer ist als die eine große Sehne, die da
ungetheilten Hälfte überbrückt, und dass wir einen spitzen
groß, einen stumpfen zu klein sehen, da mit der Größe des V
Netzhautbild entsprechende Sehne verhältnissmäßig immer kle
hat zur Prüfung dieser Hypothese Messungen ausgeführt, die
größeren Abständen annähernd ihr fügen. Dagegen sind bei
die Abweichungen der beobachteten von den berechneten
deutend. Ebenso steht mit dieser Hypothese die Thatsach

1) Beiträge S. 66 ff.
2) Poggendorff's Annalen, CXX, S. 125. Vgl. auch Messer, eb

ie mit einem Halbirungspunkt gegenüber der ungetheilten unterschätzen, Widerspruch. Endlich bleibt es vollkommen dunkel, wie wir dazu kommen n, die Entfernungen im Sehfelde gerade nach der Sehne ihres Netzhaut-s abzuschätzen. Wenn man eine angeborene Kenntniss der Abmessungen Netzhautbildes voraussetzt, so liegt es offenbar am nächsten anzunehmen, Abstand zweier Punkte werde nach der Zahl der zwischenliegenden Netz-punkte abgeschätzt: ihr ist aber die Größe des Bogens, nicht der Sehne ortional. Zur Kenntniss der letzteren könnten wir nur gelangen, wenn nicht nur im allgemeinen das Nebeneinander der Netzhautpunkte, sondern speciell die Gestalt der Netzhaut, namentlich die Größe ihres Krümmungs-messers gegeben wäre. Verwandt dieser Erklärung der Ueberschätzung ilter Linien, kleiner Winkel u. s. w. ist die Hypothese, aus der R. Fischer Ungleichheit der Schätzungen in verschiedenen Richtungen des Sehfeldes et[1]). Er geht davon aus, dass indirect gesehene Linien etwas kleiner einen als direct gesehene, und nimmt an, dass eine solche »Sehfeldzusammen-ng« in den verschiedenen Meridianen der Netzhaut eine abweichende sei. le nun der in einem bestimmten Meridian gewonnene Maßstab der Schätzung nem andern Meridian zu Grunde gelegt, so müsse hier eine Unter- oder rschätzung eintreten. Aber schon der Ausgangspunkt dieser Hypothese ist elhaft. Ich finde, ebenso wie Aubert[2]), dass die von manchen Be-tern behauptete Verkürzung gesehener Strecken im indirecten Sehen eine zweifelhafte Erscheinung ist, die man gelegentlich wohl einmal wahrzu-en glaubt, während in andern Fällen zwei gleich große Strecken, deren eine t, die andere indirect gesehen wird, gleich groß erscheinen; ich möchte r, wie früher (S. 105, Anm. 1) schon angedeutet, vermuthen, dass diese Er-nung von constanten Abweichungen in der zufälligen Deckung der End-e des Objects mit den nicht empfindenden Interstitien der Stäbchen herrühre. ie ganze Erscheinung schon inconstant, so kann aber vollends von einer weisung bestimmter constanter Unterschiede dieser Verkürzungen in den hiedenen Meridianen des Sehfeldes gar nicht die Rede sein, sondern diese schiede werden hier lediglich nach den wirklich beobachteten Täuschungen Augenmaßes angenommen, die sie doch eigentlich erklären sollten. Den ssendsten Versuch einer Erklärung der geometrisch-optischen Täuschungen Helmholtz gemacht. Dabei glaubt er übrigens für die verschiedenen Er-nungen zum Theil sehr abweichende Erklärungsgründe herbeiziehen zu en. Er hebt zwar den Einfluss der Augenbewegungen bei gewissen Ge-stäuschungen hervor, gibt ihn aber nur für solche Fälle zu, wo die Täu-ng bei starrer Fixation verschwindet oder geringer wird. Die Fehler in Beurtheilung der Größe von Winkeln u. dgl. führt er auf eine Art Con-t für die Richtung von Linien und für Entfernungen zurück, die derjenigen Lichtstärken und Farben analog sei, und durch die uns geringe Richtungs-schiede vergrößert erscheinen sollen[3]). Fände wirklich ein derartiger rast in Bezug auf die Ausmessung räumlicher Entfernungen statt, so wäre zu erwarten, dass er sich auch in Bezug auf den Größenunterschied von n und andern Raumgebilden herausstellte; die kleinere von zwei Distanzen

1) R. Fischer, Archiv f. Ophthalm. XXXVII, 1, S. 128 ff.
2) Physiologie der Netzhaut, S. 252.
3) Helmholtz, Physiol. Optik, S. 571.

sollte also z. B. immer verhältnissmäßig zu klein erscheinen.
fluss lässt sich nun in den oben (S. 132 ff.) erwähnten Versuch
u. A. nicht nachweisen. Erstreckt sich die größere der ve
über einen ansehnlichen Theil des ganzen Sehfeldes, so sind
geneigt, die kleinere zu überschätzen, und wenn man zu eine
raden eine andere in gleicher Richtung zieht, der man nach
die halbe Größe geben will, so macht man sie häufiger zu k
Sucht man endlich zu einem gegebenen Kreis oder Quadrat ein
Figur vom halben Flächeninhalt zu construiren, so macht man
klein[1]). Wir sind also offenbar geneigt, kleine Raumgebilde
größeren zu überschätzen, was der Annahme eines Contrastes
spricht, während sich die scheinbare Vergrößerung spitzer W
derselben Regel fügt. Auch haben wir in diesem Beispiel nur
Fall der durch Fig. 160 S. 143 erläuterten Ueberschätzung
Folge der Ausfüllung mit Fixationspunkten vor uns. Ein sp
ein ausgefüllteres Gesichtsobject als ein stumpfer, weil in diese
größere Raumstrecke leer zu durchstreifen hat. Die Uebers
geradliniger Distanzen im Vergleich mit großen wird darum
wenn man statt der Linien Punktdistanzen wählt, und aus d
ist sie bei Flächenräumen bedeutender als bei geraden Linien.
auch die Contrasthypothese die in Fig. 164 dargestellte V
Theilstücke des Winkelschenkels, sowie die in Fig. 166 auftre
die sich aus dem Einfluss der Bewegungen ohne weiteres ableite
aus unerklärt. Ein ganz anderes Erklärungsprincip hat He
Täuschungen in der Vergleichung verticaler und horizontaler
in der Halbirung horizontaler Linien und über die Richtung
bei monocularem Sehen angewandt. Er leitet nämlich di
sämmtlich aus Gewohnheiten des Sehens ab. Die verticale
wir nach seiner Vermuthung zu groß, weil wir die meisten
neigter Lage der Blicklinien betrachten: dabei erscheinen aber
in perspectivischer Verkürzung[2]). Wenn man sich aus den a
beschriebenen Versuchen erinnert, wie genau wir die Lage
Blickfeldes bei der Lagebestimmung der Objecte in Rücksicht
man unmöglich diese Erklärung für eine zutreffende halten
nach dem Augenmaße ein Quadrat, so erscheint dasselbe im
wenn man auch die Lage des ebenen Blickfeldes etwas ver
hierbei je nach der Neigung des letzteren die perspectivische
Netzhautbildes sehr verschiedene Grade hat, so müsste, we
Erscheinung von Einfluss wäre, doch irgend eine Veränderu
sein. Die ungleiche Halbirung einer horizontalen Distanz bei
trachtung leitet Helmholtz davon ab, dass wir bei binocul
gewohnt sind eine Linie so vor die Mitte des Gesichts zu halt
rechte Hälfte mit dem rechten Auge, die linke mit dem linken
eine Hypothese, gegen welche dieselben Einwände geltend z

---

1) Vgl. ähnliche Beobachtungen bei Oppel, Jahresber. des Fra
Vereins, 1856—57, S. 49.
2) Helmholtz, Physiol. Optik, S. 559.
3) Helmholtz, Physiol. Optik, S. 573.

ere Wahrscheinlichkeit hat ohne Zweifel der von HELMHOLTZ vermuthete
nmenhang der Neigung der scheinbar verticalen Linien mit den Bedürf-
n des binocularen Sehens. Die scheinbar verticale Linie entspricht nämlich
g dem Netzhautbild derjenigen Geraden, welche in der Fußbodenebene
echt gegen den Beobachter hin gezogen wird[1]. Wir werden unten sehen,
dies mit der deutlichen Wahrnehmung der Fußbodenebene bei aufrechter
ng des Kopfes möglicherweise in Zusammenhang steht. Aber auch hier
s wahrscheinlich, dass die Bedürfnisse des Sehens in dem Mechanismus
Augenbewegungen ihren Ausdruck gefunden haben, welcher, bei der indi-
llen Ausbildung wenigstens, als die nähere Ursache der Ausmessungen
ehfeldes gelten muss. Bei den Täuschungen in Fig. 171 (S. 148) vermuthet
HOLTZ, der den von der schrägen Linie durchsetzten Streifen schwarz ab-
, eine Mitwirkung der Irradiation[2]. Da aber die Täuschung ungefähr
so groß bleibt, wenn man die Zeichnung, wie es oben geschehen ist, bloß
nien ausführt, so kann die Irradiation kaum in nennenswerther Weise an ihr
iligt sein. Wir haben vorhin durch directe Versuche erwiesen, dass hier
der Größenschätzung der spitzen Winkel die Ausfüllung durch Fixations-
und die allgemeine Vergrößerung der verticalen Dimension zusammen-
n, Momente, welche übrigens sämmtlich auf einen und denselben ursprüng-
Grund, nämlich die Ausmessung nach den Bewegungsempfindungen,
kführen. So glaube ich es denn überhaupt als einen Vorzug der oben
stellten Theorie ansehen zu müssen, dass sie alle Erscheinungen von einem
demselben Princip aus erklärt. Es scheint mir aber an und für sich un-
scheinlich, dass die Ausmessung des Sehfeldes von so außerordentlich ver-
denartigen, in gar keinem Zusammenhang stehenden Einflüssen abhängen
wie sie von verschiedenen Forschern angenommen worden sind.

Dass neben den Bewegungen zuweilen in secundärer Weise auch Associa-
mit geläufigen Vorstellungen wirksam sein können, ist oben an einigen
ielen hervorgehoben worden. Aber wie der Einfluss der Bewegungen nur
statuiren ist, wo entweder bestimmte Bedingungen des Sehens ihn sicher-
n, oder wo er sich aus geeigneten Modificationen der Versuche ergibt,
nn auch der associative Factor nur dann zugelassen werden, wenn wirklich
mmte Erfahrungen auf ihn hinweisen, und wenn directe Erklärungsgründe
eine bestimmte Erscheinung nicht zu finden sind. Ueberdies muss eine
iationswirkung in einer präcisen psychologischen Form nachgewiesen werden.
gen scheint es mir wenig ersprießlich zu sein, wenn man, wie es LIPPS[3]
hier mit den unbestimmten Vorstellungen der »Lebendigkeit« oder »inneren
mkeit«, des »Emporstrebens« oder der »Entfaltung in die Breite« operirt,
ellungen, die freilich den Vortheil haben, dass sie sich bereitwillig überall
eten, wo man sie braucht. Statt in dieser Weise dunkle ästhetische Be-
in die Psychologie zu übertragen, sollte es vielmehr unsre Aufgabe sein,
sthetischen Wirkungen auf klare psychologische Elemente zurückzuführen.
LIPPS gegen die Ableitung gewisser Täuschungen aus Asymmetrien der
elanordnung des Auges einwendet, Augenbewegungen würden dabei »für

1) HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 715.
2) Ebend. S. 564.
3) LIPPS, Aesthetische Factoren der Raumanschauung. Hamburg und Leipzig 1891.
hr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorg. III, S. 123 ff.

schwieriger oder weniger schwierig erklärt, wie es der ge
Erklärungszweck fordert«[1]), so übersieht er, dass die Data übe
Muskeln, Größe und Vertheilung der Muskelkräfte, die dabei z
werden, ganz unabhängig von dieser Erklärung und viel früher
worden sind, und dass sich die Erklärung abgesehen von
auf anerkannte physiologisch-mechanische Principien stützt.

4. Wahrnehmung bewegter Objecte.

Bis hierhin haben wir die Einflüsse kennen gelernt,
wegung des Auges auf die Lagebestimmung und Ausmessu
stände ausübt, wenn die letzteren unbewegt sind. Weitere
treten für die Bildung der Vorstellungen ein, wenn die Ge
sich bewegen. In der Regel bleibt dann auch das Aug
sondern es bewegt sich in gleichem Sinne, indem es u
Gegenstände fixirend verfolgt. Wenn nun Auge und g
gleichzeitig wandern, so ist eine richtige Auffassung der äu
nur möglich, falls wir uns der Geschwindigkeit unserer
fortdauernd bewusst bleiben. Im entgegengesetzten Fall müss
eintreten. Am häufigsten sind dieselben bei passiven B
Körpers. Hier wird mit dem ganzen Körper auch das Auge b
uns keine Muskelanstrengung von dieser Bewegung Kunde
wir leicht die Verschiebung der Netzhautbilder auf eine
äußeren Gegenstände beziehen. Diese Täuschung tritt hau
ein, wenn die Geschwindigkeit der passiven Bewegung d
gewohnten eigenen Ortsbewegungen erheblich übertrifft. Bei
oder Eisenbahnfahrt zeigt sich deshalb die Scheinbewegu
an nahe gelegenen Gegenständen, während wir weiter entf
auffassen. In der Regel theilt sich hierbei die Beweg
zwischen dem ruhenden und dem bewegten Objecte. So
rascher Fahrt uns selbst mäßig bewegt vor, während v
Gegenständen eine entgegengesetzte Bewegung geben. Sitzt
der See auf einem Stuhl, der von den Wogen umspült v
man, wenn die Welle gegen den Strand dringt, gleichze
der hohen See hin bewegt zu werden. Sobald dagegen di
geht, glaubt man umgekehrt selbst nach dem Strande zu

Alle diese Scheinbewegungen beruhen auf der Relati
wegungsvorstellungen. Wir nennen denjenigen Geg

[1]) Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorg a. a. O. S. 124.

sein Lageverhältniss zu uns selbst nicht wechselt. Wenn nun zwei
nstände ihre gegenseitige Lage im Raume ändern, so erscheint uns
enige bewegt, dessen Netzhautbild sich verschiebt, oder zu dessen
ion wir der verfolgenden Augenbewegung bedürfen. Die Entschei-
ist daher leicht und meistens sicher, wenn nur das eine von zwei
chteten Objecten sein Lageverhältniss zu uns ändert, das andere
nd bleibt. Immerhin sind auch hier Täuschungen möglich, falls die
egung verhältnissmäßig langsam geschieht, wo uns die verfolgende
bewegung entgehen kann. Wenn z. B. des Abends Wolken am Monde
berziehen, so können wir diese Bewegung auf den Mond übertragen,
uns nun in entgegengesetzter Richtung vorüberzuziehen scheint,
end die Wolken stille stehen. Bei dieser Täuschung wirkt der Um-
d mit, dass wir geneigter sind kleinere Gesichtsobjecte für bewegt zu
n als größere, eine Neigung, welche sich nur aus der Mehrzahl von
hrungen, die für diesen Fall sprechen, erklären lässt. Viel leichter
treten derartige Täuschungen ein, wenn beide gegen einander bewegte
cte ihre relative Lage zu uns ändern. So wird die vorige Erscheinung
after, wenn wir uns selber bewegen. Am unsichersten ist aber
hier unser Urtheil über die Bewegung der Gegenstände, wenn wir
st passiv bewegt sind. So übertragen wir, im Eisenbahnzuge sitzend,
re eigene Bewegung auf die eines andern ruhig danebenstehenden
s; wir können aber auch umgekehrt selber zu fahren glauben, wäh-
d wir in Wirklichkeit stille sitzen und der nebenstehende Zug in ent-
ngesetzter Richtung vorbeifährt[1]. Hier ist die Täuschung deshalb so
ständig, weil die stattfindenden Verschiebungen der Netzhautbilder
nso gut aus der einen wie aus der andern Bedingung entspringen
nen, und weil beide Vorstellungen Ereignissen entsprechen, die an
gleich möglich sind, während wir uns bei der gewöhnlichen Schein-
egung der Bäume, Häuser u. s. w. bei der Vorbeifahrt sehr wohl der
klichen Verhältnisse bewusst sind.

Wie wir also bei zwei äußern Objecten die wirkliche Bewegung des
n gelegentlich in eine entgegengesetzte Scheinbewegung des andern
wandeln, so kann die nämliche Umkehrung ganz oder theilweise auch
n geschehen, wenn unser eigener Körper eines der beiden sich gegen
nder verschiebenden Objecte ist. Unterstützt wird aber in diesem
e die Täuschung gewöhnlich dadurch, dass wir häufig unsere eigenen
ven Augenbewegungen nicht wahrnehmen oder unterschätzen. Was
an der wirklichen Augenbewegung ignoriren, das muss dann als

1) Viele andere Beispiele dieser Art finden sich beschrieben bei Hoppe, Die Schein-
egung. Würzburg 1879, S. 173 ff.

eine Bewegung der Objecte in entgegengesetztem Sinne vorg
Selbst bei der Fixation ruhender Gegenstände können derarti
eintreten. Je länger wir uns anstrengen ein Object zu
weniger gelingt es das Auge in seiner Stellung festzuha
zitternden Bewegungen desselben können dann auf das Obj
werden[1]). Am meisten macht sich diese Unterschätzun
Augenbewegungen im Finstern geltend, wenn man einen m
leuchtenden Punkt mit dem Auge verfolgt. Sehr langsam
werden dann gar nicht wahrgenommen, schnellere abe
während sofort deutlich die Vorstellung der Bewegung e
man einen gleichzeitig im Gesichtsfeld befindlichen ruhend
und also die Bewegung bloß mittelst der Verschiebung des
auffasst. Im letzteren Fall erscheint nach den übereinstim
achtungen von Fleischl's und Aubert's die Geschwindigk
einmal so schnell als bei der Verfolgung des bewegten
So ist überhaupt unsere Auffassung der Bewegung wesen
an die Existenz ruhender Objecte im Gesichtsfelde, an
wegung gemessen werden kann. Wo solche Orientirungs
da können bald langsam bewegte Gegenstände als ruhend,
ruhende Gegenstände als bewegt aufgefasst werden[2]). A
fahrungen geht hervor, dass die Bewegung des Auges
unsicheres Maß der Bewegungen äußerer Objecte ist. Di
dem großen Einflusse, welchen wir der Bewegungsempfi
Ausmessung des Sehfeldes und auf die Auffassung der rä
hältnisse ruhender Objecte einräumen mussten, auffallen
Gleichwohl stehen beide Thatsachen durchaus mit einande
Gerade deshalb, weil wir die Augenbewegung zur Ausmes
Objecte und ihrer Entfernungen benützen, werden wir in de
Augenbewegung nicht auf eine Bewegung der Gegenstä
Soll das letztere geschehen, so müssen uns entweder Orie
gegeben sein, oder die objective Bewegung muss eine
Geschwindigkeit besitzen, so dass sich die ihr folgende Blickb

---

1) J. Hoppe, Die Scheinbewegung S. 1 ff. Hierher gehört auch da
sogenannten »flatternden Herzen«: Wenn man auf einem lebhaft farb
andersfarbige oder graue Figuren anbringt, und dann das Blatt hin un
scheinen die Figuren selbst sich gegen das Papier zu verschieben.
Erscheinung liegt wahrscheinlich darin, dass complementäre Nachb
des Grundes entstehen, die, indem sie sich mit dem Auge bewegen, au
der Objecte bezogen werden. Vgl. Szili, Archiv f. Physiol. 1891, S.
Psych. u. Phys. d. Sinnesorg. III, S. 359 ff.

2) von Fleischl, Wiener Sitzungsber. 8. Abth. LXXXVI, S. 17. A
Archiv, XXXIX, S. 347, und XL, S. 459.

von den gewöhnlichen Blickbewegungen bei der Betrachtung ruhender
cte unterscheidet.

Neben den Bewegungsempfindungen und der Orientirung an relativ
nden Objecten kommt bei der Auffassung äußerer Bewegungen dem
eigen und der Nachwirkung der Netzhauterregungen dem Nachbild)
große Bedeutung zu. Um die Bewegung zwischen der Ausgangslage
nd der Endlage b eines Gegenstandes als eine **stetige** aufzufassen,
s die Vorstellung entstehen können, dass die zwischen a und b vor-
lenen Raumlagen wirklich durchlaufen worden seien. Erfolgt die Be-
ung zu schnell, so können die verschiedenen Phasen derselben zu
er deutlichen Auffassung gelangen; erfolgt sie zu langsam, so kann sie
h die Vermischung der neuen Eindrücke mit den Nachwirkungen der
ngegangenen gestört werden. Man überzeugt sich von dem Einfluss
er Bedingungen am schlagendsten vermittelst der **stroboskopischen**
richtungen. Sie bestehen in rotirenden Apparaten, welche dem
e die einzelnen Phasen eines Bewegungsvorganges darbieten, in deren
schenpausen das Auge unerregt bleibt. Bei den wirksamsten dieser
arate, dem als Kinderspielzeug allbekannten **Dädaleum** von Horner
h Zootrop oder Wunderkreisel genannt), sieht man durch die in an-
essenen Abständen angebrachten verticalen Schlitze einer außen schwarz
irten Blechtrommel auf einen an die Innenfläche der Trommel ange-
en Papierstreifen, auf dem sich die Zeichnung der Bewegungsphasen
ndet. Wird nun die Trommel um ihre verticale Axe gedreht, so ver-
eben sich ihre Fenster und die einzelnen Bewegungsphasen, die man
der gegenüberliegenden Innenwand des Cylinders betrachtet, in ent-
ngesetzter Richtung, letztere aber setzen sich zu einer anscheinend
inuirlichen Bewegung zusammen [1]). Eine solche kann, wie man sich
t überzeugt, nur zwischen einer unteren und einer oberen Grenze
Geschwindigkeit entstehen. Jenseits dieser hört überhaupt die deut-
e Auffassung des Bildes auf, unter jener erscheinen die einzelnen
er als verschiedene Gegenstände, nicht als die einzelnen Bewegungs-
sen eines und desselben Objectes. Zugleich ist aber auch das Nach-
jedes einzelnen Eindrucks von entscheidendem Einfluss. Je länger
daher durch Verbreiterung der Spalten jedes einzelne Phasenbild
das Auge einwirken lässt, um so langsamer kann die Bewegung er-
en und gleichwohl noch den Eindruck eines stetigen Vorganges her-
oringen. Ebenso müssen die Bilder in um so kürzeren Zeitintervallen

1) Horner, Poggendorff's Ann., XXXII, S. 650. Die ersten derartigen Vorrich-
en, die aber auch zu Untersuchungszwecken weniger sich eignen, sind Stampfer's
boskop und Plateau's Phänakistoskop.

vor dem Auge erscheinen, je mehr Bilder neben einan
sichtbar sind. Hieraus ist zu schließen, dass eine Beweg
immer erst dann entstehen kann, wenn das positive Nachb
gegangenen Phase noch nicht ganz verschwunden ist, so
Bild auftritt. Anderseits darf aber auch dieses Nachbild
sein, weil es sonst den Eindruck eines selbständig neb
Phasenbild fortbestehenden Objectes erweckt. Eben desha
lässlich, dass zwischen den Erregungen durch die einzelne
Pausen kommen, während deren die Netzhaut annähernd u
Alle diese Bedingungen zeigen, dass hier neben den gen
logischen Momenten die Association mit geläufigen Bewegun
eine wichtige Rolle spielt. Dieser psychologische Einflus
auch darin, dass die untere Geschwindigkeitsgrenze, bei
Bewegung wahrgenommen wird, tiefer liegt, wenn man
Geschwindigkeiten mit bereits deutlich ausgebildeter Beweg
kommt, als umgekehrt. Wir sind also geneigt die Vorst
wegung, sobald wir sie einmal gebildet haben, festzuhalt
die objectiven Bedingungen den sonst erforderlichen nic
entsprechen[2]).

Verwandt mit den Erscheinungen an den stroboskopische
sind die eigenthümlichen Bewegungstäuschungen, die man
wegter Objecte durch Gitter beobachtet. Betrachtet man
Gitter von verticalen engen Stäben ein Wagenrad, währe
Gitter horizontal fortbewegt wird, so erscheinen die mome
parallelen Speichen vertical, alle andern gekrümmt, und
zontalen am stärksten. Die Convexität der Curven ist st

---

1) O. Fischer, Phil. Stud. III, S. 128 ff. Die letztgenannte B
Stricker, Studien über die Bewegungsvorstellungen. Wien 1882, S.
kannt worden. Auch dessen sonstige Schlüsse bezüglich des Einfluss
empfindungen auf die Erscheinungen sind daher unzutreffend. Verg
S. 151.

2) O. Fischer fand, wenn die Phasenbilder als einfachstem Vorga
Auf- und Abwärtsbewegung eines Punktes entsprechen, folgende Bezi
der Dauer der einzelnen Phaseneindrücke und der Zeitgrenze, d
Eindrücken liegen musste, damit eben die Vorstellung einer continu
entstand bez. (bei abnehmender Geschwindigkeit) verschwand:

Dauer des Phaseneindrucks	Zeitgrenzen
0,015—0,013″	0,302—0,267″
0,013—0,011″	0,360—0,322″
0,011—0,009″	0,431—0,377″

Da die Dauer eines Nachbildes von mittlerer Helligkeit bei kurze
Objects ungefähr 3″ beträgt, so ist, wie man sieht, die Zeitgrenz
größer als die Dauer des Nachbildes, und sie übertrifft dieselbe um
die Dauer des einzelnen Phaseneindrucks ist.



hrt, und jede Speiche erscheint im Moment des Ansehens ruhend. nliche Täuschungen können entstehen, wenn nicht das Gitter bewegt , sondern wenn man sich selbst an demselben vorbeibewegt[1]). Die heinung erklärt sich daraus, dass, sobald bei der Horizontalbewegung Gitters die Oeffnung mit einer Stelle der Peripherie des Rades mmentrifft, immer zuerst der äußerste Punkt einer Speiche gesehen , während die andern Theile derselben noch verdeckt sind, dann nt ein weiter gegen das Centrum gelegener Punkt, u. s. w. Folgt so den successiv zu Gesicht gelangenden Punkten, so liegen diese einer Curve, welche durch die Schnitte der nach einander zur ung gelangenden Punkte einer Gitteröffnung und des Radius des s entsteht.

Nicht bloß bei der unmittelbaren Bildung der Bewegungsvorstellung, ern auch in der Form einer **Nachwirkung** der Bewegung kann ch der Einfluss des Nachbildes zur Geltung kommen, indem, wenn Bewegungsvorstellung plötzlich verschwunden ist, an ihre Stelle die der egengesetzten Bewegung eines unmittelbar nachher fixirten, in Wirklich- ruhenden Objectes tritt. Verfolgt man z. B. bei der Eisenbahnfahrt nahe befindlichen, in rascher Scheinbewegung begriffenen Gegenstände, blickt dann auf den Fußboden des Wagens, so scheint dieser in der tung des Zugs dem Blick zu entfliehen. Richtet man am Ufer eines ell fließenden Gewässers den Blick etwa eine Minute lang auf das l der Wellen, und fixirt dann ruhende Objecte, wie den Ufersand oder Fensterreihe eines Hauses, so bewegen sich diese wiederum in ent- ngesetzter Richtung[2]). In allen diesen Fällen ist die Scheinbewegung die Nachbarschaft der fixirten Stelle beschränkt. So ist z. B. im letzt- ähnten Versuch nur die fixirte Fensterreihe in der Scheinbewegung riffen, während die darüber und darunter gelegene still zu stehen inen. Nimmt man ferner zwei Scheiben mit abwechselnd schwarzen weißen Sectoren, wie sie zu Versuchen am Farbenkreisel dienen, und man die eine längere Zeit mit solcher Geschwindigkeit vor dem Auge en, dass noch eben die einzelnen Sectoren deutlich zu unterscheiden , so scheint, wenn man plötzlich den Blick von der bewegten auf die nde Scheibe wendet, diese sich in entgegengesetztem Sinne zu drehen. lt man als rotirendes Object eine weiße archimedische Spirale auf warzem Grunde, so erscheint dieselbe bei der Drehung nicht als Spirale, dern in Folge des fortwährenden Wechsels des Bildes verbinden sich

1) ROGET, Pogg. Ann. V, S. 93. PLATEAU, ebend. XX, S. 320 u. 543. FARADAY, ebend. I, S. 601. EMSMANN, ebend. LIV, S. 326. O. FISCHER, Phil. Stud., III, S. 154.

2) PURKINJE, Med. Jahrb. des österr. Staates. VI, 2, S. 96. OPPEL, POGGENDORFF's ., XCIX, S. 540.

die Eindrücke zu der Vorstellung eines Systems concentri
fortwährend in einander übergehen. Dreht man die Sche
peripherische Ende der Spirale vorwärts schreitet, so e
Kreise an der Peripherie und schreiten immer kleiner we
Centrum fort; dreht man entgegengesetzt, so erzeugen si
Centrum und schreiten größer werdend gegen die Periph
verschwinden. Fixirt man nun eine solche Scheibe ein
geht man dann mit dem Blick auf ein andres Object übe
selbe ebenfalls eine Bewegung im entgegengesetzten Sinn
liches Angesicht z. B. scheint sich bei der ersten Art
verkleinern, bei entgegengesetzter Anordnung zu vergrö
schaffenheit dieser Bewegungstäuschungen lässt keinen Zw
man es bei ihnen weder mit Wirkungen der Augenbeweg
mehrfach angenommen wurde, mit räthselhaften Reaction
sondern lediglich mit Wirkungen des Nachbildes zu t
ein schwaches Nachbild der gesehenen Bewegung im Au
scheint ein fixirtes Object in Folge der Relativität der
stellung in entgegengesetztem Sinne bewegt zu sein. I
der Regel zu schwach um selbst gesehen zu werden, g
auf das Object die zu seiner eigenen entgegengesetzte Bev
tragen. Hieraus erklärt sich die Beschränkung der Sche
den Fixationspunkt und seine Nachbarschaft in den zue
Fällen, ebenso wie die Verbindung mehrerer concentrisc
in den zuletzt erwähnten Erscheinungen, die eine Ableit
kürlichen und unbeachteten Augenbewegungen ausschließ

Außer den genannten in den peripherischen Bedingu
begründeten Momenten können endlich noch centrale

---

1) PLATEAU, POGG. Ann., LXXX, S. 287. OPPEL, ebend. XCIX
essante Modification dieses Versuchs ist die folgende: Man legt
Spirale versehene größere Scheibe eine kleinere mit entgegengeset
und darauf endlich noch eine kleinere mit der ersten gleichlaufende.
Combination in rasche Rotation, so zeigen sich als Bewegungsna
nachher fixirten weißen Schirm concentrische Ringe, von denen die ei
die andern anzuschwellen scheinen. Fixirt man die Scheiben nur n
und betrachtet dann die weiße Fläche mit dem andern, so erblickt
auch in etwas schwächerem Grade, die Nachbilderscheinung. V
Sitzungsber., Abth. 2, LXVI. KLEINER, PFLÜGER's Archiv, XVIII, S.

2) Auch die oben (vor. Anm.) erwähnte Beobachtung, dass s
die Erzeugung der Erscheinung theilen können, indem das eine de
stand fixirt, das andere aber die nachfolgende Scheinbewegung wa
dieser Erklärung, da der Lichtstaub des dunkeln Gesichtsfeldes
Auge auf das gemeinsame Sehfeld herüberwirkt. Manche andere Ers
sich auf ähnliche Weise: so die von ZEHFUSS (WIED. Ann., IX, S. 674
f. Phys., 1887, S. 135), LIPPS (Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinne
schriebenen Phänomene. Vgl. zu letzterem O. SCHWARZ, ebend. III,

svorstellungen hervorbringen. Solche Einflüsse sind es insbesondere, dem Gesichtsschwindel zu Grunde liegen. Er ist ein Bestand- der übrigen Schwindelerscheinungen, die ihn mehr oder minder aus- igt immer begleiten[1]). Die nächste Ursache für die bei demselben eobachtende Scheinbewegung der Objecte liegt wieder in unbewusst indenden und darum auf eine Bewegung der Objecte bezogenen nbewegungen. Sobald man bei einem Schwindelanfall, aus welcher che er auch entstanden sei, das Auge geöffnet hält, treten solche inbewegungen auf, und sie sind sogar bei geschlossenem Auge an Lichtstaub des dunkeln Gesichtsfeldes wahrzunehmen. Am augen- sten ist die Erscheinung beim Drehschwindel. Hat man sich mehr- rasch auf der Ferse gedreht und hält dann plötzlich still, so setzen Objecte die Scheinbewegung, in der sie während der Drehung begriffen n, eine Zeit lang fort; dieselbe ist aber viel intensiver als während Drehung, weil man sich jetzt des Stillstandes des eigenen Körpers usst ist. Die Scheinbewegung erfolgt demnach in einem der voran- ngenen Drehung um die Körperaxe entgegengesetzten Sinne[2]). eich aber richtet sie sich nach der Orientirung des Kopfes, indem sie um die bei normaler Stellung verticale Axe desselben gerichtet ist. t man daher, während die Scheinbewegung erfolgt, den Kopf plötzlich Seite, so verändert auch jene in entsprechendem Sinn ihre Richtung. die Erscheinung durch Augenbewegungen wenigstens hauptsächlich be- t wird, davon kann man sich theils durch die objective Beobachtung der en theils subjectiv durch die Erzeugung eines Nachbildes überzeugen: letztere bewegt sich nämlich stets in entgegengesetzter Richtung wie die Scheinbewegung befindlichen Objecte[3]). Es reiht sich also in dieser ehung die Bewegungstäuschung vollständig den oben erwähnten an, denen verkannte oder unterschätzte Augenbewegungen eine Rolle len; dies wird auch dadurch bestätigt, dass die Scheinbewegung zum stand gebracht werden kann, wenn man einen Gegenstand starr fixirt, freilich bei starkem Schwindel sehr schwer gelingt. Die Augenbe- ungen selbst, welche die Scheinbewegung erzeugen, sind aber durch anderweitigen peripherischen und centralen Bedingungen verursacht, dem Schwindel überhaupt zu Grunde liegen, unter denen namentlich Reflexverbindungen des Bogenlabyrinths mit den Augenmuskeln eine ntige Rolle spielen. Dies erhellt auch aus der Art des Eintritts und laufs der Erscheinungen. Zunächst bewegt sich nämlich das Auge in der Körperbewegung entgegengesetzten Richtung; hat es dann in

1) Vergl. oben I, S. 207, II, S. 26 ff.
2) Purkinje, Med. Jahrb. des österr. Staates, VI, 2, S. 79 ff.
3) Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen, S. 84.



dieser eine seitliche Ablenkung erreicht, die nicht me
werden kann, so springt es plötzlich wieder in die An
worauf seine Bewegung und damit auch die Scheinbewe
beginnt, ein Process, der sich mehrmals nach einander w
Unterstützt werden alle diese Gesichtserscheinungen durch
Symptome des früher (S. 26) erwähnten Tastschwinde
darin bestehen, dass unser eigener Körper sowie jeder
tastete Gegenstand sich in einem der ausgeführten Dreh
setzten Sinne zu drehen scheinen, entsteht schon bei ges
die Vorstellung, dass auch der Raum außer uns in eine
lichen Drehbewegung entgegengesetzten Sinne in Rotation
So erklärt es sich wohl auch, dass im Auge erzeugte I
ihrer fixen Lage auf der Netzhaut eine ähnliche Sche
äußere Objecte ausführen können. Indem solche Dru
Ferne projicirt werden, betheiligen sie sich eben an d
die wir dem gesammten Gesichtsraum ebenso wie unseren
anweisen.

5. Binoculare Augenbewegungen.

Unsere beiden Augen sind in physiologischer Hin
gehörige Organe. Aehnlich wie bei den Organen der O
ruht die Gemeinschaft ihrer Function auf der functione
ihrer Bewegungsapparate. Die Stellung der beiden Au
ist unzweideutig bestimmt, wenn man erstens die Richtu
Gesichtslinien und zweitens die Orientirung jedes einzeln
zug auf seine Gesichtslinie kennt. Letztere wird, wie frü
merkt, an dem sogenannten Rollungs- oder Raddrehungsw
Bei der unmittelbaren Verfolgung der Augenbewegungen
nächst nur die Richtungen der Gesichtslinien zu beachten,
unter dem directen Einfluss des Willens stehen. Die R
Folge der mechanischen Bedingungen der Bewegung ohn
und Wollen eintreten, und die unter allen Umständen
können durch die physiologische Untersuchung erst nachge
wir wollen daher vorläufig von ihnen absehen, um weit
und ihre Bedeutung für das Doppelauge zurückzukomme
wegungen der Gesichtslinien gibt sich nun die Synergie
sogleich dadurch zu erkennen, dass sich im allgemeinen
sichtslinien gleichzeitig bewegen, und dass gewisse Rich
wegung mit einander fest verknüpft sind, so dass ihre

r ungewöhnlichen Verhältnissen oder in Folge besonderer Einübung
t werden kann. In dieser Beziehung ist der Zwang zur zusam-
stimmenden Bewegung beim Doppelauge sogar viel größer als
den Organen der Ortsbewegung, und er nähert sich dem Zwang
bilateralen Action, wie er an den vollkommen symmetrisch wirk-
n Muskelgruppen, z. B. an den Athmungs- und Schluckwerkzeugen,
ht.

Beide Augen heben oder senken sich unter allen Umständen gleich-
ig; ungleiche Höhenstellungen derselben gibt es nicht bei normalem
egungsapparat. Seitwärts können sie sich dagegen sowohl um gleiche
um ungleiche Winkel wenden, dabei müssen aber entweder die Ge-
slinien parallel stehen oder nach irgend einem Punkte convergiren;
rgenzstellungen sind normalerweise unmöglich. Unter diesen ver-
edenen Bewegungen scheinen diejenigen mit parallel bleibenden Ge-
slinien, welche wir die Parallelbewegungen nennen wollen, ur-
nglich die natürlichsten zu sein. Kinder in den ersten Lebenstagen
man vorzugsweise solche ausführen. Allerdings treten zeitweise
Convergenzstellungen ein; sie kommen aber fast nur dann vor, wenn
Blick gesenkt wird, eine Bewegung, die beim Neugeborenen verhält-
mäßig selten ist. Diese Erscheinung hängt damit zusammen, dass
rhaupt, sobald die Blicklinien in eine geneigte Lage übergehen, ein
illkürlicher Antrieb zur Convergenz derselben erfolgt (S. 116). Die
allelbewegung ist die zweckgemäße, wenn sich unsere Aufmerksam-
unendlich entfernten Objecten zuwendet; denn in unendlicher Ent-
ung treffen unsere parallelen Gesichtslinien in einem einzigen Blick-
kte zusammen. Bei gesenktem Blick bieten sich dagegen in der Regel
nähere Gegenstände unserer Betrachtung dar. Jene Stellungsänderung
spricht also den in der gewöhnlichen Anordnung der Gesichtsobjecte
ebenen Anforderungen. Zugleich ist sie aber in den mechanischen Ge-
en der Augenbewegungen begründet. Dies beweist eben der Umstand,
s sie auch dann unwillkürlich eintritt, wenn uns durchaus keine nahen
genstände zur Fixation geboten werden. Ueberdies führt sie, wie
on früher (S. 141) hervorgehoben wurde, zu constanten Täuschungen
r die Richtung verticaler Linien, denen wir bei monocularer Betrachtung
gesetzt sind.

Bei den Convergenzbewegungen gehen die Gesichtslinien von
em ferneren zu einem näheren, bei den Divergenzbewegungen
einem näheren zu einem entfernteren Blickpunkte über. Alle Con-
genzstellungen zerfallen ferner in symmetrische und in asymme-
sche. Die ersteren sind solche, in denen beide Gesichtslinien von
gerade nach vorn gerichteten Parallelstellung aus um gleich viel nach

innen gedreht sind; der Blickpunkt liegt bei ihnen stets
ebene. Asymmetrisch sind diejenigen Convergenzstellun
sich der Blickpunkt nicht in der Medianebene befindet;
weder beide Augen von der gerade nach vorn gerichteten
aus um ungleiche Winkel nach innen, oder es ist nur
nach innen, das andere um einen kleineren Winkel nach
Convergenzbewegungen sind in jeder Höhenstellung de
möglich. Aber wie die
bei gesenktem Blick unwi
vergenz übergeht, so s
der Erhebung des Blick
stellung zu, so dass sie
Wissen und Wollen ver
dies beruht auf den s
Gesetzen der Augenbeweg
die Convergenz bei gen
mechanisch erleichtert is

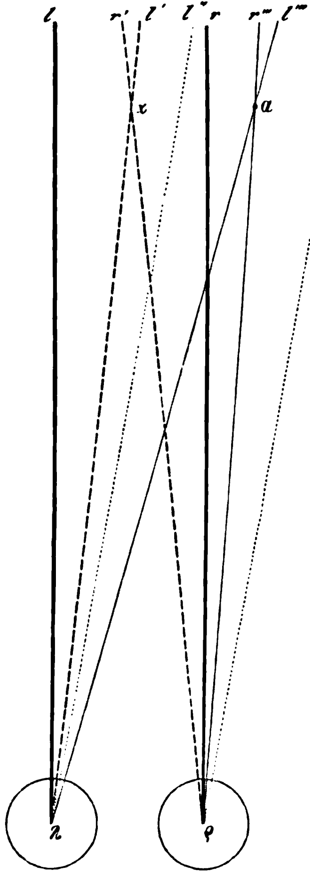


Fig. 182.

Bei den seitlichen P
gen drehen sich beide G
gleiche Winkel nach rec
bei den symmetrischen C
gungen drehen sie si
Winkel nach innen oder
entspricht eine Seitenvers
eine Tiefenverschiebung d
Blickpunktes. Nun kann
auch gleichzeitig nach de
der Tiefe verschieben:
die asymmetrische Con
Sie lässt sich demnach aus
Parallelbewegung und au
trischen Convergenz zusam
ken. In der That würd
einer Anfangsstellung mit
gerichteten Gesichtslinien
in jede asymmetrische Con
cher Höhenstellung so übergehen können, dass es zuerst ein
wärtsbewegung (in die Lage $\varrho r''$, $\lambda l''$) ausführte, durch welch
punkt a in die Mitte zwischen beide Gesichtslinien gebracht
dann in dieser Seitenstellung eine symmetrische Conv
($\varrho r'''$, $\lambda l'''$). Obgleich wir nun in Wirklichkeit diese dop

ausführen, sondern unmittelbar etwa von einem Punkte α auf den
α übergehen, so ist doch höchst wahrscheinlich die Innervation in
r Weise zusammengesetzt. Zunächst bemerkt man nämlich, dass
ymmetrischer Convergenz gerade in demjenigen Auge, welches am
sten aus seiner anfänglichen Ruhelage abgelenkt wurde, die Druck-
ndung, die ausgibige Augenbewegungen begleitet, am größten ist.
erwiegt, wenn die beiden Augen ϱ und λ auf den rechts gelegenen
α eingestellt sind, die Druckempfindung im rechten Auge, obgleich
nur um den Winkel $r\varrho r'''$, das linke dagegen um den viel größeren
aus seiner Ruhelage abgelenkt ist. Ebenso ist die Druckempfindung
ıge ϱ bei der Einstellung auf den Punkt α größer, als wenn es in
etrischer Convergenz auf α gerichtet ist, obgleich der Winkel $r\varrho r'''$
r als $r'\varrho r$ ist[1]. Noch mehr, verlegt man den Fixationspunkt α in
ichtung der Linie $\varrho r'''$ in immer größere Ferne, so ist deutlich eine
nderung der Druckempfindung in dem Auge ϱ bemerkbar, obgleich
seine Stellung sich gar nicht verändert, und nur das Auge λ sich
ılich der Parallelstellung genähert hat. Hiermit hängt die von Hering
dene Thatsache zusammen, dass das Drehungsmoment eines jeden
nach außen beim Sehen in die Nähe kleiner ist als beim Sehen
Ferne[2]. Bei der Fixation eines nahe gelegenen seitlichen Punktes
eben die Innervation zur Außenwendung immer theilweise compensirt
die Innervation zur Convergenz. Daraus erklärt sich denn auch
rhöhte Druckempfindung. Sind die Augen ϱ und λ auf den Punkt
gestellt, so ist in λ nur der Rectus internus innervirt, und die volle
vationskraft desselben ist auf Innenwendung gerichtet. In ϱ dagegen
ıngt der Rectus externus einen Impuls, der für sich das Auge nach
ichten würde, doch ist ein Theil dieser Drehung compensirt durch
nervation des Rectus internus, durch den es erst in seine wirkliche
ıng $\varrho r'''$ gebracht wird. Hier ist also eine Innervationsgröße, die
Winkel $r''' \varrho r''$ entspricht, nicht auf wirkliche Bewegung, sondern
Compensation der Muskelkräfte verwandt: sie muss daher als Druck
en Augapfel zur Geltung kommen. Belehrend scheint mir auch der
nde Versuch zu sein. Man verdecke zunächst, während das eine Auge
en in der Medianebene gelegenen Punkt fixirt, das andere Auge ϱ
inem Blatt Papier. Zieht man dann dieses Blatt plötzlich weg, so
sich, dass sogleich beide Augen richtig auf den Punkt eingestellt
auch kann ein objectiver Beobachter bemerken, dass die Gesichts-
des Auges ϱ schon während dieses bedeckt ist die Stellung $\varrho r'$ ein-

[1] Hering, Die Lehre vom binocularen Sehen. Leipzig 1868, S. 10.
[2] Ebend. S. 11.



nimmt, welche symmetrisch zu $\lambda l'$ ist. Fixire ich dagegen n
einen seitlich gelegenen Punkt a, so sehe ich im ersten M
dem das bedeckende Blatt vor dem Auge ϱ weggenomme
Doppelbilder, weil die Gesichtslinie während der Bedecku
nicht die Stellung $\varrho r'''$ einnahm, sondern davon etwas nach
$\varrho r''$ abwich. Demnach begleitet das bedeckte Auge Eins
andern auf einen in der Medianebene gelegenen Punkt in
Convergenz. Ebenso macht es Hebungen und Senkungen
oder Seitwärtswendungen in paralleler Blickstellung mit.
es sich in der Regel nicht auf den Fixationspunkt ein,
eine asymmetrische Convergenz erfordern würde, sondern
diesem Falle im Sinne der entsprechenden Parallelstellung
bewegung des bedeckten Auges beweist an und für sich, das
einer gemeinsamen Innervation folgen, welche nicht erst d
same Blickpunkte, denen sie sich zuwenden, zu Stande kon
weichung von der Einstellung auf den gemeinsamen Blickpu
bei der asymmetrischen Convergenz beobachtet, spricht abe
hier ein complicirteres Verhältniss der Innervation stattfin
That kann z. B. eine Linkswendung des linken Auges für da
entweder eine gleich große Linkswendung erfordern: dies is
einfachen Innervation für die Parallelstellung. Oder sie k
einer stärkeren Innenwendung desselben verbinden: bei as
Convergenz. Ist nun das eine Auge verdeckt, so bleibt i
beiden Fällen gleichsam die Wahl, und die Beobachtung le
dann der einfacheren Innervation folgt. Dieser Erfahrung
dass, wo beide Augen sich ohne bestimmte Fixationspunk
wie beim Neugeborenen, fast nur Parallelstellung vorkomm
eine beschränkte Zahl von Convergenzstellungen, die symmet
lich, einer ähnlich einfachen Innervation gehorchen.

Somit existiren am Auge drei unter gewöhnlichen Verh
lösbare Verbindungen der Bewegung, welche auf der gleich
tralen Innervation beider Sehorgane beruhen: Hebung u
Rechts- und Linkswendung, Innenwendung. Das Doppelau
Bezug auf die Innigkeit dieser Verbindungen vollständig den
wirkenden Muskelgruppen, wie denen der Athmung, des Sch
scheinbar größere Freiheit seiner Bewegungen beruht nur
unter den drei Innervationen, die sie beherrschen, zwei si
entgegenwirken können, nämlich die für Rechts- und Links
die für Innenwendung. Die erste Innervation deutet auf
Verbindung des Rectus externus der einen mit dem internus
Seite, die letztere auf eine solche der beiden innern Muskeln

ler That weisen auch die Reizungsversuche am Vierhügel auf diese ichen Verbindungen hin[1]).

Die Innervation des Doppelauges ist sichtlich von dem Gesetze be-scht, dass die beiden Gesichtslinien sich jeweils auf einen einzigen punkt müssen einstellen können. Dies wäre nicht mehr der Fall, n dieselben in ungleichem Grade gehoben oder gesenkt würden, oder n sie divergirten. Solche Stellungen kommen daher bei normalen en nicht vor. Durch diese Gebundenheit der Augenbewegungen an Möglichkeit eines gemeinsamen Blickpunktes wird aber keineswegs bewiesen, dass die gleichzeitige Einstellung auf bestimmte Punkte ehfeld der zwingende Grund für jenen Mechanismus der Innervation In der That lässt sich dies, wenn man sich auf die Betrachtung der viduellen Entwicklung beschränkt, kaum voraussetzen. Der Neugeborene egt seine Augen ohne bestimmte Blickpunkte und in der Regel in llelstellungen[2]). Ebensolche Bewegungen fand Donders bei einem Blind-renen[3]). Jedenfalls sind also die Bewegungsgesetze schon klar ausgeprägt, sich deutliche Anzeichen einer Gesichtswahrnehmung gewinnen lassen. ibt freilich Thiere, bei denen sogleich nach der Geburt Gesichtsvor-ungen vorhanden zu sein scheinen. Aber der centrale Mechanismus Innervation ist schon in dem Embryo angelegt. Wenn also zwischen und der Bildung der Wahrnehmungen ein Causalverhältniss existirt, nicht zu verkennen ist, so müssen bei der individuellen Entwicklung Gesetze der Innervation das Bedingende, die Vorstellungen das Be-te sein. Dagegen ist es allerdings wahrscheinlich, dass bei der Ent-klung der Art umgekehrt die centralen Vorrichtungen für die Inner-on des Doppelauges unter der Leitung der Gesichtswahrnehmungen sich ebildet haben. Bei den meisten Thieren sind, wie schon J. Müller[4]) erkt hat, die beiden Augen in functioneller Beziehung unabhängiger einander als beim Menschen, weil ihnen ein gemeinsames Gesichtsfeld , oder weil dieses von beschränkterer Ausdehnung ist. Thiere mit voll-men seitlich gestellten Augen sehen daher auch nicht gleichzeitig mit en, sondern abwechselnd mit dem einen und andern. Deshalb sind die Augen in Bezug auf ihre motorische Innervation unabhängiger von

1) Vgl. Cap. IV, 1, S. 129.
2) J. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns, S. 293.
3) Donders, Pflüger's Archiv, XIII, S. 383. In andern Fällen wurden jedoch bei ldgeborenen unregelmäßige und anscheinend völlig von einander unabhängige Be-ungen der beiden Augen beobachtet (von Hippel, Archiv f. Ophthalm., XXI, 2. 4, 122). Ebensolche kommen bei seit längerer Zeit Erblindeten vor. Nach erfolg-ier Operation Blindgeborener pflegen sich mit der Entwicklung der binocularen chtswahrnehmungen auch die Augenbewegungen in normaler Weise zu associiren. den Schluss dieses Capitels.
4) A. a. O. S. 99 f.

einander[1]). In der Entwicklung der Art werden also ers
bildung eines gemeinsamen Gesichtsfeldes die centralen Vo
gemeinsamer Innervation entstanden sein. Diese Vorrichtung
wie der Einfluss der Lichteindrücke auf die Bewegungen d
die nächste Aehnlichkeit mit den Apparaten, welche die gewö
bewegung beherrschen; sie sind aber mit einer viel genau
verbunden als der Reflexmechanismus des Rückenmarks. D
zeigt nämlich, dass von jedem Lichteindruck ein gewisser
Bewegung des Auges ausgeht. Es bedarf bekanntlich b
strengung und Uebung, einen imaginären Blickpunkt zu
einen solchen, dem kein reeller Objectpunkt entspricht.
Netzhauteindrücken und der Blickbewegung muss also eine
stehen, welche dem Reflex verwandt ist. In der That hand
offenbar um einen jener complicirten Reflexvorgänge, als
wir die Hirnganglien, namentlich Seh- und Vierhügel,
Die nächste Analogie hat diese Lenkung der Augenbewegu
Lichteindrücke mit der Beziehung der Ortsbewegungen
empfindungen. Nur scheint beim Auge die Verbindung ein
darum dem einfachen Reflex verwandtere zu sein, ähnlich
bilaterale Symmetrie der Bewegungen strenger eingehalten
Organen der Ortsbewegung. Man gebe dem Doppelauge
imaginären Blickpunkt; man lasse also die beiden Gesichtsl
Punkte sich kreuzen, an dem sich kein direct gesehenes C
Dies gelingt am leichtesten, wenn man nach einer ferne
und dann irgendwo vor derselben die Gesichtslinien zur Con
Ist die ferne Fläche eine Tapete, so lässt sich aus der sc
kleinerung des Musters derselben die Entfernung des vor
Convergenzpunktes annähernd ermessen. Bringt man n
Distanz vor oder hinter den imaginären Blickpunkt ein
z. B. einen Finger, so tritt augenblicklich ein fast unwiderst
ein, auf dieses Object den Blickpunkt zu verlegen. Diese
nur durch Willensanstrengung unterdrückt werden kann, is
je näher das Object an den Blickpunkt herangebracht wird
licher ist derselbe zu bemerken, wenn man in einem dun
Fixationsobject, z. B. eine Stricknadel, aufstellt, in dessen
Augen blicken, und dann durch einen instantanen elektr
erleuchtet. Hierbei ist der Zwang, den Blickpunkt auf

[1]) Dies lässt sich z. B. sehr deutlich am Chamäleon wegen seiner
Augen beobachten: während sich das eine nach oben oder vorn w
andere nach unten oder hinten gerichtet sein, u. s. w.



ect zu verlegen, so stark, dass er kaum durch Willensanstrengung zu
erdrücken ist.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass jeder Lichteindruck auf
Netzhaut in dem Innervationscentrum des Auges einen Reflexantrieb
öst, welcher dahin gerichtet ist den Eindruck auf das Netzhautcentrum
rzuführen. Hieraus erklärt sich vollständig das Grundgesetz der Inner-
on des Doppelauges, dass nur solche Bewegungen der beiden Blick-
en stattfinden können, bei denen ein gemeinsamer Blickpunkt möglich
Jene Antriebe zur Bewegung können aber entweder eine wirkliche
vegung hervorbringen, wo dann das Doppelauge den erregenden Licht-
lruck zum Fixationspunkte wählt, oder sie können, sei es durch den
len, sei es durch andere Lichteindrücke, welche eine entgegengesetzte
kung ausüben, unterdrückt werden, so dass sie als ein bloßes Streben
h Bewegung fortdauern. Der unterdrückende Einfluss des Willens wird
ırlich durch denjenigen anderer Lichteindrücke wesentlich unterstützt.
gewöhnliche willkürliche Wandern des Blicks ist daher nur dadurch
glich, dass immer zahlreiche Lichteindrücke in ihren Wirkungen sich
pensiren, so dass der geringste Impuls des Willens genügt, eine be-
mte Bewegung zu Stande zu bringen. Damit erklärt sich denn auch die
erordentliche Beweglichkeit des Blicks, die von so schwachen Willens-
tößen geleitet wird, dass uns letztere kaum zum Bewusstsein kommen.
rbei durchmisst der Blick mit Vorliebe Conturen und Linien im Sehfeld,
räß dem Gesetze, dass diejenigen Eindrücke, die dem jeweiligen Blick-
kt am nächsten liegen, den stärksten Antrieb ausüben.

Auf den zwingenden Einfluss der Gesichtsobjecte auf die Orientirung
Auges ist es wohl auch zurückzuführen, dass unter gewissen Be-
gungen beide Augen abnorme Rollungen um ihre Gesichtslinien erfahren
r abweichende Höhenstellungen annehmen können. Wenn man z. B.
i identische Zeichnungen binocular zur Deckung bringt und dann die
e etwas um ihren Fixationspunkt dreht, so wird durch Rollungen, an
en sich immer beide Augen betheiligen, diese Drehung compensirt. Auf
se Weise kann jedes einzelne Auge bis zu 5—7° aus seiner normalen
e gedreht werden[1]. Auf solchen compensirenden Drehungen beruhen
schon oben (S. 140) erwähnten Schwankungen in der Lage der schein-
verticalen Netzhautmeridiane, welche DONDERS beobachtete. Abweichende
henstellungen lassen sich durch schwach ablenkende Prismen herbei-
ren. Bringt man z. B. vor das eine Auge ein solches Prisma, dessen
is nach oben oder unten gekehrt ist, so erscheint der fixirte Punkt in

1) NAGEL, Das Sehen mit zwei Augen, S. 51, und Archiv f. Ophthalm., XIV, 2.
35.



über einander liegenden Doppelbildern, die man mit einiger
zum Verschmelzen bringen kann; ebenso wenn beide Augen d
sehen, deren Basis nach innen gekehrt ist, wo die Doppelbil
eine Divergenzstellung zur Verschmelzung gelangen können[1]

Mit der Convergenz- und Divergenzbewegung der Gesic
Aenderungen des Accommodationszustandes regelmäßig verb
beide Augen derjenigen Entfernung sich anpassen, auf we
meinsame Blickpunkt eingestellt wird[2]. Doch ist auch diese
hang kein unlösbarer, sondern es kann durch Veränderungen d
zustandes oder durch absichtliche Uebung das Verhältniss von A
und Convergenz ziemlich bedeutende Verschiebungen erfahren
z. B. durch schwache Prismen mit vertical gestellter brec
Doppelbilder der gesehenen Gegenstände erzeugt, welche ei
Convergenz zu ihrer Vereinigung erfordern, so kann trotzdem
dation der Entfernung der Objecte angepasst werden[3]. S
regelmäßig ohne besondere Willensanstrengung, durch einen
undeutlich gesehene Conturen auf den Accommodationsappar
Wir müssen also annehmen, dass eine Reflexverbindung
Netzhauteindrücken und dem Innervationscentrum der Accom
steht. Beim monocularen Sehen wird hierdurch der jeweilig
zustand des Auges der Entfernung der gesehenen Gegenstän
Das binoculare Sehen erfordert aber im allgemeinen ei
Accommodationszustand für beide Augen. Diesem Bedürfni
eine Verbindung der beiderseitigen Innervationscentren für
dation. Wäre die letztere nur durch die in jedem Auge u
folgenden Reflexantriebe bedingt, so bliebe unerklärt, war
ordentlich schwer ist und erst mittelst fortgesetzter Uebung
Refractionszusände der beiden Augen unabhängig von einand
Außerdem ist es nothwendig anzunehmen, dass eine etwas lose
des Centrums der Accommodation mit dem der Convergenz b
es gelingt viel schwerer, die Refractionszustände unabhängig
zu ändern, als die Verbindung von Accommodation und C
lösen. Dass alle diese Verbindungen einigermaßen veränderlic
mit bekannten Thatsachen der physiologischen Mechanik v
Einklang[5]. Durch ihr Zusammenwirken aber wird die co
wegung beider Augen derart beherrscht, dass selbst dann, v

1) Helmholtz, Physiol. Optik, S. 475.
2) J. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns, S.
3) Donders, Holländische Beiträge, I, S. 379. Helmholtz, Physiol.
4) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 119 f.
5) Vgl. I, S. 236, 279.

ge verdeckt oder geschlossen ist, normaler Weise die Blicklinie des
cht sehenden Auges auf den Fixirpunkt des sehenden sich einstellt[1].

6. Binoculare Gesichtswahrnehmungen.

Wenn beide Gesichtslinien einander parallel in unendliche Ferne ge-
htet sind, so haben sie einen gemeinsamen Blickpunkt. Außerdem sind
e Netzhautbilder in beiden Augen identisch und von übereinstimmender
ge. Ein Bildpunkt, der sich im rechten Auge um einen bestimmten
inkel nach rechts oder links, nach oben oder unten von der Netzhaut-
tte befindet, liegt im linken auf der nämlichen Seite und ebenso weit
m Centrum des gelben Flecks. Je zwei Punkte beider Netzhäute, auf
lchen so bei der Parallelstellung der Augen Bildpunkte liegen, die einem
d demselben Punkte eines unendlich entfernten Objectes entsprechen,
t man **identische** oder **correspondirende** Punkte genannt. Auch
r Ausdruck **Deckpunkte** wurde vorgeschlagen, bei welchem aber von
r Lage ganz abstrahirt und nur auf die häufigste Form der Verschmelzung
r Eindrücke Rücksicht genommen ist; daher entsprechen die von Helmholtz
genommenen Deckpunkte nicht vollkommen den identischen Punkten[2].
n sieht hieraus, dass bei diesen Bezeichnungen zwei Begriffe in einander
ifen, welche der deutlichen Sonderung bedürfen, ein anatomischer, der
h lediglich auf die Lage der Punkte, und ein physiologischer, der sich
f die gewöhnlichste Form der Verschmelzung der Eindrücke bezieht. Es
heint mir erforderlich, diese zwei Begriffe durch verschiedene Bezeich-
ngen aus einander zu halten und außerdem noch einen dritten zu unter-
heiden. Wir wollen demnach 1) **identisch** jene Netzhautpunkte nennen,
lche bei der Parallelstellung der Augen eine übereinstimmende Lage in
zug auf das Netzhautcentrum besitzen, und die zugleich übereinstimmen-
n Bildpunkten eines unendlich entfernten Objects entsprechen. 2) Cor-

---

1) A. Graefe, Archiv f. Ophthalm. XXXV, 1, S. 137; 4, S. 332 ff. Landolt, ebend.
XXV, 3, S. 265 ff. Nach Graefe kommt die Einstellung des verdeckten Auges durch
s Zusammenwirken der Convergenz- und der Accommodationsempfindungen zu
nde; Landolt hält die letzteren allein für ausreichend. Da die Convergenzempfin-
ngen, wie früher (S. 107, 136) gezeigt wurde, ein weit feineres Maß für die Augenstel-
ng abgeben, so ist die Ansicht Graefe's offenbar die wahrscheinlichere. Auch fand
rselbe, dass noch bei Atropinwirkung auf das Auge, wo die Accommodationsmuskeln
lähmt sind, die gewohnte Einstellung erfolgt. Ist eine Neigung zum Schielen vor-
nden, so stellt sich das verdeckte Auge nicht mehr auf den Fixirpunkt des andern
, auch dann nicht, wenn bei binocularem Sehen die Wirkung der Lichteindrücke
f die Bewegungen noch stark genug ist, um Schielstellungen zu überwinden. In
lchen Fällen von s. g. latentem Strabismus werden regelmäßig im ersten Moment
ch der Wegnahme der Bedeckung Doppelbilder gesehen, die dann aber verschwinden.

2) Helmholtz, Physiol. Optik, S. 698.

respondirende Punkte seien solche, deren Eindrücke
in eine räumlich ungetheilte Vorstellung verschmelzen, u
in Folge dieser häufigen Verbindung in Bezug auf die ei
bevorzugt sind. 3) Deckpunkte sollen endlich diejenig
deren Eindrücke im gegebenen Fall auf einen äußer
werden. Somit sind die correspondirenden Punkte seh
Deckpunkte; sie sind dies aber nicht immer, und hiera
Nothwendigkeit einer besonderen Bezeichnung. Die id
haben für alle normalen Augen unveränderlich dieselbe
spondirenden sind geringen individuellen Schwankungen
fallen bald mehr bald weniger nahe mit den identisc
sammen, für ein und dasselbe Individuum aber sind si
constant. Die Lage der Deckpunkte dagegen wechselt von
andern, und nur durch die gewöhnlichen Bedingungen
der wechselseitigen Verschiebung der Deckpunkte gewisse
Netzhautpunkte von nicht übereinstimmender Lage he
solche, deren Bilder sich nicht decken, wollen wir Doppel
Disparat steht also zu identisch, der Doppelpunkt zu
Gegensatz. Eine größere Anzahl von Doppelpunkten bild
bild. Dieses besteht aus zwei Halbbildern, deren
zelnen Auge angehört. Aus vielen Deckpunkten setzt sic
oder Ganzbild zusammen. Da wir alle Netzhautbilder a
stände beziehen, so ist es auch hier zweckmäßig, die
von der Netzhaut auf den äußeren Raum zu übertragen.
identische, correspondirende und Deckpunkte des Raume
in denen sich die von identischen, correspondirenden
beider Netzhäute gezogenen Visirlinien durchschneiden.
sammengehörige Visirlinien einander parallel, so liegt i
punkt in unendlicher Ferne. Bei Parallelstellungen dur
also alle Visirlinien identischer Punkte in unendlicher
einen einzigen Punkt im Sehfeld, der im normalen Auge i
identischer, correspondirender Punkt und Deckpunkt i
Blickpunkt. Er ist der constante Durchschnittspunkt
sichts- oder Blicklinien, mögen nun dieselben erst in
fernung, bei den Parallelstellungen des Blicks, oder in
nungen, bei den Convergenzstellungen, sich treffen. Die E
die beiden Gesichtslinien gelegen sind, heißt die Visire
übrigen Punkte des Sehfeldes betrifft, so kommt es theils
stellung theils auf die Gestalt des Sehfeldes an, ob ident
dirende Punkte und Deckpunkte zusammenfallen oder ni
wir gesehen, dass die Form des Sehfeldes an und für

te ist und erst durch die Bewegungen des Blicks, also durch die
ssiven Verschiebungen im Blickfelde, eine bestimmte wird. Darum
t, wo andere Bestimmungsgründe fehlen, das Sehfeld überein mit
kugelförmigen Blickfeld. Dieses ist für das Doppelauge ebenfalls eine
e Hohlkugelfläche, nämlich diejenige, welche der gemeinsame Blick-
in paralleler oder in einer beliebigen andern Augenstellung mit
nt bleibendem Convergenzgrad durchwandern kann. Der Mittelpunkt
Kugelfläche ist der Halbirungspunkt der Geraden, welche die Dreh-
e beider Augen verbindet. Daher bestimmt das Doppelauge im all-
nen von diesem Punkte aus die Richtung der Gegenstände (*m* Fig. 183).
inocular fixirter Punkt *a* erscheint uns demnach in der Richtung *ma*,
wenn er von einem im Punkte *m* gelegenen
hen Auge gesehen würde[1]). Diese Bestim-
der Richtungen, wie sie sich in Folge des
ularen Sehens ausgebildet hat, pflegt in der
sogar dann noch entscheidend zu bleiben,
wir das eine Auge verschließen. Fixirt man
eschlossenem rechtem Auge mit dem linken *l*
183) zuerst einen ferneren Punkt *a'* und dann
näheren *a*, so scheint, obgleich die Richtung
licklinie *la* ungeändert geblieben ist, doch
Punkt *a* nach links abzuweichen, was der
gung der mittleren Blickrichtung aus der Stel-
ma' nach *ma* entspricht. Zugleich ändert
hierbei die Raddrehung des Auges *l* im selben
, wie sie sich ändern würde, wenn man bei
ularem Sehen von einer geringeren zu einer
eren Convergenz überginge[2]).

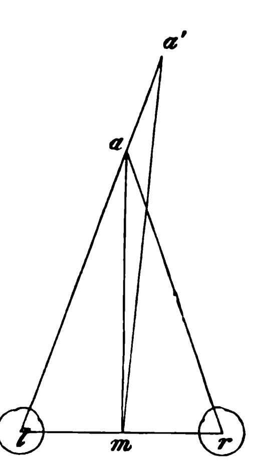


Fig. 183.

Wenn Objecte von beliebiger Form sich im Sehfeld befinden, welche
ssiv bei wechselnder Convergenz fixirt werden müssen, so construirt
das Doppelauge sein Sehfeld mittels der Bewegungsempfindungen.

---

[1]) Hering, Beiträge zur Physiologie, S. 35 ff. Reichert's und du Bois Reymond's
, 1864, S. 27 ff. Vgl. auch Donders, Archiv f. Ophthalm., XVII, 2. S. 52.

[2]) Uebrigens soll diese Localisation in einer mittleren Sehrichtung nur für den
unkt strenge zutreffen, während bei den auf den Seitentheilen der Netzhaut ge-
n Punkten Abweichungen des Punktes *m* nach der Seite desjenigen Auges vor-
men scheinen, auf dessen nasaler Netzhauthälfte das Bild liegt. (Schoen, Archiv
phthalmologie, XXII, 1, S. 31, und ebend. XXIV, 1, S. 27.) Ferner beobachtete
Kries an sich selbst, dass bei unwillkürlichem Divergenzschielen, wenn die bin-
e Fixation erhalten bleibt, ein Wettstreit der Sehrichtungen eintritt, wobei bald
ne bald das andere Auge überwiegen kann. So herrscht bei v. Kries beim Nahe-
das linke, beim Fernsehen das rechte Auge vor. Demgemäß ist im ersten Fall
ntrum der Sehrichtungen nach links, im zweiten nach rechts verschoben. (Archiv
thalm., XXIV, 4, S. 117.)

Diese können theils bei den wirklichen Wanderungen des
theils auch den Antrieb zur Bewegung begleiten, den jed
pherie der Netzhaut wirkende Lichteindruck ausübt (S. 1
geben wir dem binocularen Sehfeld in der Regel annä
Form, in welcher die gesehenen Punkte wirklich im Verhä
Sehorgan angeordnet sind. Denken wir uns nun nach de
linien gezogen, so treffen je zwei, welche auf der Sehfeldfl
den, mögen dieselben nun von identischen oder disparaten
ausgehen, dort einen Deckpunkt. Denn für jedes Aug
linie diejenige Richtung an, in welcher ein Bildpunkt na

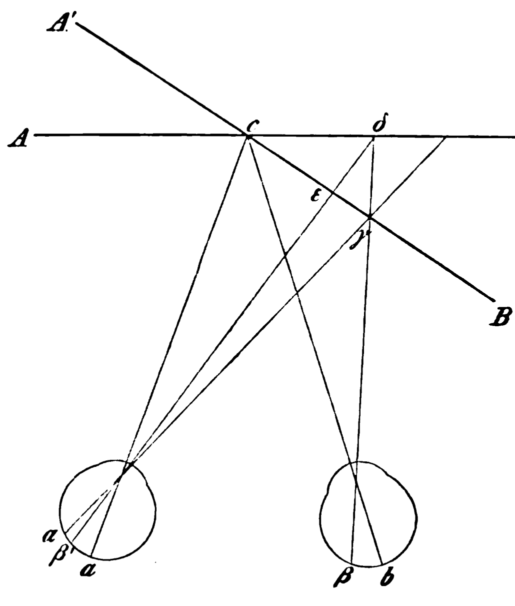


Fig. 184.

wird, und das Sehfeld ist diejenige Oberfläche, auf wel
äußeren Raume die Lichteindrücke geordnet vorstellen (S
demnach jene Richtungen im Sehfeld zusammentreffen,
auch die Bildpunkte decken. Aber es ist natürlich ni
dass die sich schneidenden Visirlinien identischen Pun
Es sei z. B. (Fig. 184) das Sehfeld eine zur Visirebene s
AB, und die Gesichtslinien ac, bc seien auf den Blickpu
Es ist dann der Punkt γ ein identischer Punkt des äußere
in ihm endigen die Visirlinien identischer Netzhautpunkte
ist der Punkt δ ein Deckpunkt im Sehfeld; in ihm schn
zwei Visirlinien, die von disparaten Punkten β, β' ausgeh

dem Sehfeld die Lage $A'B'$, so wird der Punkt γ ein identischer
zugleich ein Deckpunkt. Ebenso wie durch Veränderungen in der
oder Form des Sehfeldes kann aber natürlich auch durch veränderte
nstellung das Verhältniss der Deckpunkte zu den identischen Punkten
seln.

Da die Visirlinien, namentlich bei entfernteren Objecten, von den
ungsstrahlen nicht merklich verschieden sind, so sind die Deckpunkte
ehfeld dann zugleich Objectpunkte, wenn das Sehfeld dieselbe
hat, welche die dem Sehenden zugekehrte Oberfläche der Objecte
etet. Es wurde oben bemerkt, dass dies im allgemeinen zwar der
ist, und deshalb sieht eben das Doppelauge in der Regel nicht dop-
sondern einfach. Aber dies schließt zahlreiche Ungenauigkeiten im
lnen nicht aus, ja unter Umständen, wenn die gewöhnlichen Hülfs-
l versagen, können wir vollständig über das Lageverhältniss der
nstände getäuscht werden. Fällt nun unser subjectiv erzeugtes Seh-
mit der objectiv gegebenen Oberfläche der Objecte nicht zusammen,
chneiden sich in irgend einem Punkte desselben im allgemeinen nur
solche Visirlinien, die verschiedenen Objectpunkten angehören. Es
. B. die Ebene $A'B'$ (Fig. 184) unser Sehfeld, die Oberfläche der
cte sei aber die Ebene AB, so entsprechen dem Objectpunkte δ zwei
te γ und ε im Sehfeld. In solchen Fällen wird dann in der That ein
irklichkeit einfacher Punkt doppelt gesehen. Nennen wir das Sehfeld
er bisher festgehaltenen Bedeutung, also diejenige Form desselben, die
uns in Folge der Blickbewegungen und Bewegungsempfindungen vor-
en, das subjective Sehfeld, und bezeichnen wir die wirkliche Form
uns zugekehrten Oberfläche der Gegenstände als das objective Seh-
so lässt sich die Regel aufstellen: Wir sehen einfach, sobald
objective mit dem subjectiven Sehfeld übereinstimmt;
enigen Punkte des objectiven Sehfeldes aber erscheinen
doppelt, welche nicht in dem subjectiven Sehfeld ge-
n sind.

Das gewöhnlichste Mittel, das subjective übereinstimmend mit dem
ctiven Sehfeld zu gestalten, wenn die unmittelbaren Bewegungsempfin-
gen nicht ausreichen, besteht in der successiven binocularen Fixation
chiedener Punkte, wo wir dann das Zwischenliegende in annähernder
tigkeit zur vollständigen Form ergänzen. Wenn das objective Sehfeld
sehr verwickelte Form hat, so können daher einzelne Theile desselben
ruhenden Auge doppelt erscheinen, dann aber durch einige Blick-
egungen leicht in eine einfache Vorstellung vereinigt werden, welche
auch für den ruhenden Blick einfach bleibt. Degegen tritt regelmäßig
pelsehen ein, wenn man einen Blickpunkt wählt, der von den übrigen

Punkten des Sehfeldes vollständig getrennt ist, also vor ode
selben liegt, ohne mit ihnen durch eine Fixationslinie verbu
Befindet sich z. B. ein Object in a (Fig 185), und sind die be
linien auf den näher liegenden Punkt c eingestellt, so sieh
und a_2 Doppelbilder des Punktes a; davon gehört a_1 dem Au
Auge l an, wie man sich dadurch überzeugen kann, dass,
schlossen wird, a_1, wenn l geschlossen wird, a_2 verschwindet.
bilder sind also in diesem Fall gleichseitige. Ist das A
ferner liegenden Punkt b eingestellt, so werden wieder statt d
Doppelbilder a_1 und a_2 gesehen: jetzt gehört aber a_2 dem Au
Auge l an, wie man abermals durch abwechselndes Schließ
erkennt. Nun sind also die Doppelbilder ungleichseiti
kreuzte. In allen diesen Fällen werde
bilder in der Regel nicht in die Entfern
punktes b oder c, sondern in eine et
zwischen dem Blickpunkt und dem wir
des Objectes gelegene Entfernung verl
länger andauernder starrer Fixation rü
scheinend in die Distanz des Blickpunkte
Beobachtungen über die Lage der Dopp
men auch die folgenden Erscheinungen ü
man im dunkeln Raum einen kleinen Li
bringt, der als Fixationszeichen dient
bald vor bald hinter denselben ein Obje
ches durch einen momentanen elektris
erleuchtet wird, so erscheint während
leuchtung das Object in Doppelbildern.
gleich Augenbewegungen bei der kurz
Beleuchtung ausgeschlossen sind, erken
deutlich, ob sich das doppelt gesehene Object vor oder
Blickpunkte befindet[1]. Noch einfacher zeigt das nämliche
von HERING angegebene Versuch[2]). Man stelle, indem ma
Augen durch eine Röhre sieht, welche die Wahrnehmung
gelegenen Objecte verhindert, auf einen bestimmten Fixati
und lasse nun durch einen Gehülfen bald vor bald hint
ein Kügelchen durch das Sehfeld werfen. Auch hier kennt
ob das Kügelchen vor oder hinter dem Fixationspunkt herabfä

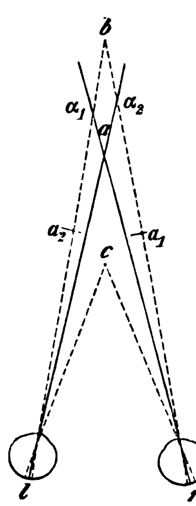


Fig. 185.

1) DONDERS, Archiv f. Ophthalm., XVII, 2, S. 17. VAN DER MEULEN,
S. 105.
2) HERING, REICHERT's und DU BOIS-REYMOND's Archiv, 1865, S. 153.
a. a. O.

ogar eine annähernde, wenn auch ziemlich ungenaue Vorstellung von
ıbsoluten Entfernung desselben. Dies bestätigt die früher hervorgeho-
Erfahrung, dass wir von der Anordnung der Objecte im Sehfeld
annähernd richtige Vorstellung besitzen, ohne dass wir uns dieselbe
ı Wandern des Blicks verschaffen müssten. Anderseits sind aber
Beobachtungen nur Variationen der uns ganz geläufigen Thatsache,
wenn Objecte in unserm Sehbereich auftauchen, wir in jedem Mo-
genau wissen, in welcher Richtung wir unsere Augen bewegen
en, um sie fixirend auf dieselben einzustellen, eine Kenntniss, die
aus der Beziehung der Lichteindrücke zu den Bewegungsempfindungen
Auges abgeleitet werden kann.

Wenn nun in den vorhin beschriebenen Versuchen den Doppelbildern
hernd diejenige Entfernung angewiesen wird, welche dem ihnen ent-
ehenden Object wirklich zukommt, so liegt es nahe zu fragen, warum
denn überhaupt doppelt sehen, da
nach dem oben aufgestellten Satze
dann Objecte doppelt gesehen werden
en, wenn das subjective Sehfeld mit
objectiven nicht übereinstimmt, d. h.
wenn der Eindruck **falsch** localisirt
. Auf diese Frage geben folgende

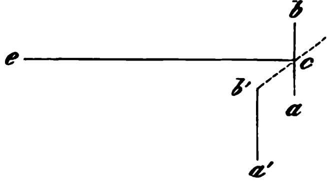


Fig. 186.

achtungen einige Auskunft. Man stelle (Fig 186) beide Augen auf
vertical gehaltenes Fixationsobject ab (z. B. eine Nadel) ein, so dass
lie Richtung der Visirebene ist. Dann bringe man nahe vor ab ein
tes ähnliches Fixationsobject $a'b'$. Man sieht jetzt ab einfach, $a'b'$
in Doppelbildern. Hierauf entferne man $a'b'$ und gebe ab eine
igte Lage, so dass a an die Stelle von b' kommt. Es müsste nun,
ı fortan der Punkt c fixirt wird, a ebenso wie vorhin b doppelt ge-
n werden. Man bemerkt aber, falls man nur die Tiefendistanz cb'
zu groß nimmt, dass es in diesem Fall ausnehmend schwer wird
Punkt a wirklich doppelt zu sehen. Dies gelingt nur bei längere Zeit
ehaltener starrer Fixation auf Augenblicke, dagegen erscheint das Ob-
ebensowohl bei wanderndem Blick als bei momentaner Betrachtung
ıch; zugleich fasst man immer deutlich seine geneigte Lage auf. Man
ıne ferner vier Quadrate wie in Fig. 187 *A* und stelle beide Augen
die zwei Mittelpunkte der kleinen Quadrate ein, so dass dieselben
ernd einfach gesehen werden. Es verschmelzen dann die mittleren
drate vollständig zu **einer** Vorstellung, denn der Effect ist hier
elbe, als wenn man binocular ein einziges Quadrat fixirte, das im Con-
enzpunkt der beiden Gesichtslinien liegt. Die größeren Quadrate sieht
aber nicht einfach sondern doppelt. Jetzt verbinde man, wie es in

Fig. 187 *B* geschehen ist, die Eckpunkte eines jeden der kl
mit den ähnlich liegenden des größeren und fixire wieder
punkte. Nun erscheint plötzlich die ganze Figur einfach:
körperliche Bild einer abgestumpften Pyramide; die kleinen
hören der dem Beschauer zugekehrten abgestumpften Spitz
der von ihm abgekehrten Grundfläche an. Zuweilen komm
auch in diesem Falle vor, dass die größeren Quadrate samn
den kleineren verbindenden Linien doppelt gesehen werd
schwindet aber immer auch zugleich der vorige Eindruck d
Ausdehnung der Figur. Dieser wird in solchen Fällen leich
bewegungen entlang den Verbindungslinien wieder wachg

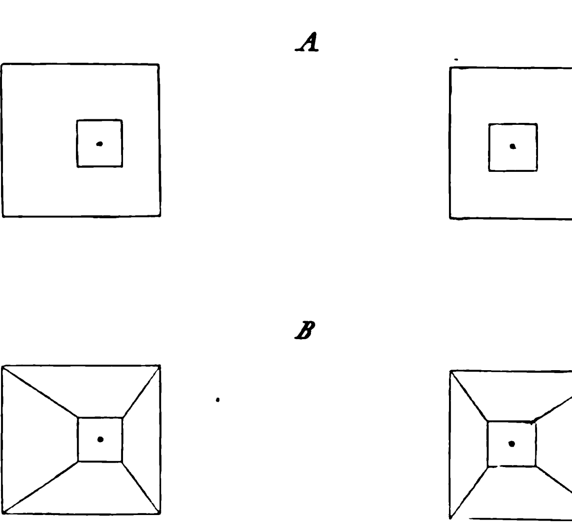


Fig. 187.

man in umgekehrter Weise, indem man den imaginären
die Ebene der Zeichnung verlegt und das rechte Auge auf
linke auf den rechts gelegenen Punkt einstellt, so schein
das einfach gesehene kleine Quadrat etwas über der Ebene
zu schweben, entsprechend der nahen Convergenzstellung
großen Quadrate in Doppelbildern erscheinen; in Fig. 187 *B*
wieder ein einfaches Bild, in welchem das große Quadrat d
zu liegen scheint, als das kleine: das Bild entspricht dah
pyramide, deren Grundfläche dem Beschauer zugekehrt ist
willkürlichen Fixation getrennter Punkte mit beiden Augen
wird leicht durch Einlegen der Zeichnung in ein gewöhnl
stereoskop die erste Form der körperlichen Wahrnehmung

ite lässt sich herstellen, wenn man die Zeichnung aus einander schneidet dann die beiden Hälften derselben mit einander vertauscht.

Diese Beobachtungen zeigen, dass bei der Gestaltung des Sehfeldes Fixationslinien eine wesentliche Bedeutung zukommt. Sobald sich in objectiven Sehfeld von einander getrennte Punkte befinden, orientiren uns über das gegenseitige Lageverhältniss derselben vorzugsweise elst der Conturen, durch welche sie verbunden sind. Wenn nun he fehlen, haben wir zwar ein gewisses Gefühl für ihre größere oder ngere Entfernung, aber bestimmter wird die Vorstellung erst durch die ationslinien, auf welchen sich der Blickpunkt hin- und herbewegen n. Dabei fällt das subjective mit dem objectiven Sehfeld dann am ständigsten zusammen, wenn solche Bewegungen wirklich vollzogen rden. Doch wirkt schon das bloße Vorhandensein der Linien in dem-en Sinne. Auch von der Thatsache, dass unsere Vorstellung über die fernung von Objecten, die von einander getrennt im Sehfelde vertheilt l, eine sehr mangelhafte ist, kann man sich leicht überzeugen. In dem such der Fig. 186 hat man zwar in der Regel die Vorstellung, dass der $a'b'$ näher als ab sich befinde, aber man unterschätzt stets die anz beider, wie man alsbald sieht, wenn ab in die durch die punk-e Linie angedeutete geneigte Lage gebracht wird, wo nun plötzlich diese anz merklich vergrößert erscheint. Bei den Doppelbilderversuchen in . 185 (S. 178) bemerkt man die nämliche Erscheinung, wenn man ab-chselnd auf den näheren und auf den ferneren Punkt einstellt. Dabei einen sich nämlich die Doppelbilder, während sie bei der Aenderung Convergenz einander näher treten, immer gleichzeitig von dem vor-festgehaltenen Fixationspunkte zu entfernen. Der scheinbare Ort der pelbilder nähert sich daher auch um so mehr dem Blickpunkte, je hr der Blick festgehalten wird, und bei vollkommen starrer Fixation steht wirklich, wie oben bemerkt, die Vorstellung, dass er sich in gleicher fernung befinde. Uebrigens spielt in allen diesen Fällen der Umstand, die Netzhautbilder bereits geläufigen Vorstellungen entsprechen, eine sentliche Rolle. So wird es nicht schwer, die Fig. 188 bei der Fixation kleineren Kreise zur Vorstellung eines abgestumpften Kegels zu com-iren, obgleich keine Fixationslinien zwischen den kleineren und den ßeren Kreisen vorhanden sind. Hierbei kommt uns zu statten, dass e wirkliche Form dieser Art in der That keine fest bestimmten Fixations-ien besitzt, während an einer abgestumpften Pyramide, wie sie der . 187 entspricht, solche zwischen den Ecken der Basis und der Spitze stiren müssen. Die Vorstellung, die wir bei der Fixation irgend eines nktes von dem Lageverhältniss aller andern Punkte im Sehfelde haben, somit an und für sich nur insoweit bestimmt, als sie durch die Kennt-

niss der Richtung, in welcher der Blickpunkt bewegt werden muss, um sich auf sie einzustellen, gegeben ist. Mit andern Worten: wir wissen im allgemeinen, wohin wir den Blick wenden müssen, um ein Object zu fixiren; wir wissen aber nicht, um wie viel wir ihn drehen müssen. Dies wird begreiflich, wenn wir erwägen, dass eine genaue Lagebestimmung des Augapfels wahrscheinlich auf keine andere Weise zu Stande kommen wird als die Lagebestimmung unserer tastenden Glieder, nämlich unter Mithülfe jener Empfindungen, welche bei der wirklichen Bewegung durch die Pressungen der Theile und andere peripherische Sinnesempfindungen entstehen. Die von Lichteindrücken im Sehfelde ausgehenden Antriebe zur Bewegung beim ruhenden Blick sind nun zwar, je nach der Richtung, in welcher der Antrieb wirkt, mit den von früheren Bewegungen zurückgebliebenen Residuen jener Empfindungen associirt. Aber hierdurch wird hauptsächlich die Richtung, in welcher die Bewegung geschehen soll, dagegen nur unsicher der Umfang der Bewegung bestimmt werden. Letzteres wird erst dann möglich, wenn die in verschiedenen Entfernungen gelegenen

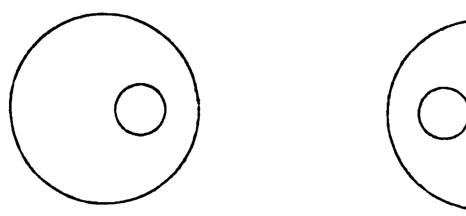


Fig. 188.

Punkte durch eine Fixationslinie mit einander verbunden sind, wo dann jeder Punkt dieser Linie einen selbständigen Antrieb zur Bewegung mit sich bringt, so dass, indem von Punkt zu Punkt der Bewegung die Richtung gegeben ist, damit ihr auch von selbst ihr Umfang vorgezeichnet wird.

Auch die Verbindung der gesehenen Objecte durch Fixationslinien gibt jedoch nur unter bestimmten Bedingungen eine Gewähr dafür, dass das subjective mit dem objectiven Sehfelde übereinstimmt. Als erste Bedingung ergibt sich hier die, dass die Entfernungsunterschiede der gesehenen Punkte nicht allzu groß seien. Wenn man in dem Versuch der Fig. 186 den Stab ab und die Distanz der Punkte c und b' ziemlich groß wählt, so wird der Stab in der geneigten Lage nicht mehr vollständig einfach gesehen, sondern sein vorderes Ende weicht in Doppelbildern aus einander. Selbst wenn die Fixationslinien von geringerer Ausdehnung sind, kann aber Doppelsehen eintreten, sobald man einen Punkt des Objectes starr fixirt. Auf diese Weise können selbst einzelne Theile körperlicher Objecte, namentlich wenn ihre Tiefenentfernung in Bezug auf den fixirten Punkt erheblich ist,

ppelt erscheinen; ebenso gelingt dies an gewöhnlichen stereoskopischen
jecten, besonders an solchen von einfacherer Form, in welchen nur die
uptconturen gezeichnet sind, während es in dem Maße schwerer wird,
wie z. B. an stereoskopischen Landschaften oder Gruppenbildern, die
l der Fixationslinien und der sonst die Tiefenanschauung unterstützen-
Hülfsmittel, wie Schattirung, Perspective u. s. w., zunimmt. Sobald
r die nicht fixirten Theile des körperlichen Gegenstandes doppelt ge-
en werden, wird regelmäßig auch die körperliche Vorstellung zerstört.
ähnliche bemerkt man, wenn ein geneigt gehaltener Stab von dem
rten Punkte an in Doppelbildern divergirt. Man sieht dann zwar in
Regel noch, welche Theile des Doppelbildes näher, und welche ent-
nter liegen als der Fixationspunkt, aber eine bestimmte Vorstellung über
Tiefenausdehnung des Stabes fehlt ganz und gar. Man überzeugt sich
von am besten, wenn man den Stab eben noch kurz genug nimmt, damit
e Vereinigung möglich ist, und dann abwechselnd durch starre Fixation
ppelbilder hervorbringt und durch rasche Blickbewegungen dieselben
eder vereinigt. Diese Versuche beweisen also nichts gegen die Allge-
ingültigkeit des Satzes, dass die Objecte immer dann einfach gesehen
rden, wenn das subjective mit dem objectiven Sehfeld übereinstimmt.
nn das Doppelsehen erfolgt immer in dem Momente, wo beide nicht
hr zusammenfallen. Wohl aber weisen die angeführten Beobachtungen
rauf hin, dass der übereinstimmenden Auffassung jener beiden Sehfelder
hwierigkeiten entgegenstehen, welche in constant wirkenden Bedingungen
e Ursache haben müssen.

Wir können die Umstände, welche die richtige Auffassung des ob-
tiven Sehfeldes erschweren, in folgenden Satz zusammenfassen, aus dem
h alle mitgetheilten Erfahrungen vollständig ableiten lassen: Die Er-
gung solcher Netzhautpunkte, welche in der großen Mehr-
hl der Fälle übereinstimmenden Objectpunkten ent-
rechen, erzeugt leichter eine einfache Vorstellung als die
regung solcher Netzhautpunkte, bei denen eine überein-
mmende Beziehung dieser Art seltener eintritt. Wo be-
mmte Motive zur Localisation der auf beiden Netzhäuten entworfenen
der fehlen, da localisiren wir dieselben nach dieser Regel der häufig-
en Verbindung. Die Existenz einer solchen Regel folgt schon daraus,
ss wir, wo specielle Gründe zur besonderen Gestaltung des Sehfeldes
ngeln, letzterem dennoch eine bestimmte, und zwar eine allgemein
ereinstimmende Form geben. Diese Form ist es eben, welche als die
ufigste den wechselnderen Gestaltungen des subjectiven Sehfeldes gegen-
ertritt. Zunächst werden wir immer geneigt sein für das Sehfeld jene
gemeinste Form anzunehmen, welche uns theils durch die eigenen Be-

wegungsgesetze des Auges, theils durch die gewöhnlichen Verhältnisse der äußeren Eindrücke geläufig ist; erst in zweiter Linie werden die besondern Gründe wirken, welche das Sehfeld anders gestalten. Aus den variabeln Beziehungen der einzelnen Netzhautstellen beider Augen zu einander müssen sich daher die constanteren aussondern. Diese häufigste Verbindung der binocularen Netzhauteindrücke ist nur die innigste unter einer Reihe von Verbindungen, welche verschiedene Grade der Stärke besitzen. Denn es ist auch beim stereoskopischen Sehen viel leichter eine geläufige körperliche Form aufzufassen als eine solche, die neue Anforderungen an unsere Vorstellung macht. Die Thatsache, dass eine constantere Beziehung existirt, steht also mit der anderen, dass im allgemeinen die Verbindung der doppeläugigen Eindrücke variabel ist, durchaus nicht im Widerspruch. Wohl aber können sich dadurch, dass die constantere Verbindung vorübergehend in Conflict geräth mit den Bedingungen, welche die einzelne Wahrnehmung mit sich führt, Widersprüche im Sehen selber entwickeln. Solche existiren thatsächlich. Sie äußern sich in einem Kampf zwischen Doppelt- und Einfachsehen, der überall da zur Erscheinung kommen kann, wo das objective Sehfeld sehr ungewöhnliche Formen darbietet, oder wo durch starre Fixation die genauere Auffassung des Lageverhältnisses der Gegenstände beeinträchtigt wird.

Einen überzeugenden Beleg für die hier entwickelte Auffassung, wonach sich eine gewisse constantere Zuordnung aus variableren Verbindungen entwickelt hat, nicht, wie man gewöhnlich annimmt, die letzteren als Ausnahmefälle zu der ersteren hinzugetreten sind, bieten die Erscheinungen des Schielens. Mit Rücksicht auf ihre Ursachen kann man zwei Formen pathologischer Abweichung der Augenstellungen unterscheiden. Die eine, das paralytische Schielen, entspringt aus der vollständigen oder theilweisen Innervationslähmung eines oder mehrerer Augenmuskeln; die zweite, das musculäre Schielen, hat ihren Grund in der abnormen Verkürzung von Augenmuskeln bei normaler Innervation. In den Fällen des paralytischen Schielens beobachtet man nun binoculare Erscheinungen, welche sich aus den die Augenmuskellähmungen begleitenden Störungen der Localisation ergeben[1]). Ein Auge z. B., das an Parese des äußern geraden Augenmuskels leidet, stellt sich, wenn es einen Punkt fixiren soll, in Wirklichkeit nicht auf denselben ein, sondern, da es die Auswärtswendung überschätzt, so wird die Gesichtslinie nach innen von dem Punkte abgelenkt, auf welchen die Gesichtslinie des andern normalen Auges richtig eingestellt ist. Nach seiner Bewegungsempfindung glaubt der Schielende, er habe auch dem paretischen Auge die richtige Stellung gegeben: da

[1]) Siehe oben S. 130.

aber dieses hierbei einen Blickpunkt hat, der weiter nach innen liegt
ler des normalen Auges, so muss von ihm der letztere Punkt um
elben Betrag zu weit nach außen verlegt werden; es erscheinen also
elbilder, deren Distanz dem Aberrationswinkel des schielenden Auges
richt. Dieser Winkel wechselt bei verschiedenen Augenstellungen,
n er mit wachsender Convergenz zunimmt; hierin liegt wohl die Ur-
, dass sich in solchen Fällen eine neue feste Beziehung der binocu-
Netzhauteindrücke nicht ausbilden kann, sondern höchstens, in Folge
etender Gesichtsschwäche an dem schielenden Auge, das Einfachsehen
onoculares sich herstellt. Anders ist dies beim **muskulären** Schie-
. Hier behält der Winkel, um welchen die Gesichtslinie des schie-
en Auges von der richtigen Stellung abweicht, immer die nämliche
e, da die gemeinsame Innervation des Doppelauges nicht gestört ist.
in diesen Fällen kommt es vor, dass das eine Halbbild in Folge zu
ger Sehschärfe des betreffenden Auges vernachlässigt wird. Meistens
wird bald das eine bald das andere Auge zum Fixiren benützt.
dem werden die Objecte in der Regel nicht doppelt sondern einfach
en. Dass solches nicht von Vernachlässigung des einen Halbbildes
hrt, kann man durch ablenkende Prismen leicht nachweisen, indem
alsbald Doppelbilder hervortreten lassen. Es muss also hier das
hautcentrum des einen Auges demjenigen Punkt der Netzhaut des
rn Auges, auf welchem der nämliche Objectpunkt sich abbildet, in
anterer Weise zugeordnet, und entsprechend müssen dann die übrigen
der zugeordneten Netzhautpunkte verschoben sein. In der That treten
, wenn durch eine Operation den Augen ihre normale Stellung
ben wird, eine Zeit lang außerordentlich störende Doppelbilder auf,
he nur allmählich verschwinden, sei es weil das eine Halbbild ver-
lässigt wird, sei es weil abermals eine neue Zuordnung der binocu-
Netzhautstellen sich herstellt.

Wohl ebenso sehr wie diese pathologischen Fälle spricht aber die Art
Weise, wie im normalen Auge die constanter zugeordneten Stellen
gert sind, für eine Entwicklung aus variableren Verbindungsverhält-
en. Es liegen nämlich diese Stellen in den meisten Augen nicht, wie
lange Zeit vorausgesetzt hat, vollkommen symmetrisch zur Median-
e des Körpers, sondern sie zeigen Abweichungen, welche darauf hin-
en, dass jene Form des subjectiven Sehfeldes, welche als
weitaus häufigste angesehen werden muss, auf die La-
ung der correspondirenden Stellen von bestimmendem

) Nagel, Das Sehen mit zwei Augen, S. 130. Alfr. Graefe, Archiv f. Ophth
, S. 17, und Handbuch der ges. Augenheilkunde, VI, 1, S. 86 f.

Einflusse ist. Es wurde früher bemerkt, dass dasjenige Sehfeld, welches wir uns beim Mangel aller äußeren Bestimmungsmomente construiren, eine Kugelfläche sei, welche um den Drehpunkt des Auges, oder bei binocularem Sehen, um den Mittelpunkt der Verbindungslinie beider Drehpunkte gelegt ist (S. 124). Dieser Kugelfläche entspricht aber das gewöhnliche Sehfeld, wie wir jene häufigste Form desselben nennen wollen, nur in seiner oberen Hälfte; in seiner unteren wird es durch die Bodenfläche bestimmt, als deren normale Form wir eine horizontale Ebene betrachten können. Wenigstens für unsere nächste Umgebung trifft letzteres in der Mehrzahl der Fälle zu. Am Horizont scheint uns das Himmelsgewölbe, welches wir als Hohlkugelform sehen, plötzlich ein Ende zu haben und in die ebene Bodenfläche überzugehen. Da wir den Blick um so mehr heben müssen, je fernere Punkte der letzteren wir fixiren, so erscheint sie uns zugleich nicht horizontal oder etwa gar im Sinne der Erdkrümmung gewölbt, sondern als eine von unsern Füßen bis zum Horizont stetig ansteigende Ebene, wie dies in Fig. 189 übertrieben gezeichnet ist, wo *oc* die Richtung der horizontalen Visirebene, *ab* die wirkliche horizontale Bodenebene und *ac* die scheinbare Neigung der letzteren bedeuten. Endlich erscheint uns das Himmelsgewölbe selbst nicht vollkommen kugelförmig gewölbt, sondern flacher, da wir wegen der vielen Fixationspunkte, die zwischen unserm Standpunkt und dem Horizont gelegen sind, den letzteren für ferner halten als den Zenith[1]). Wenn wir also bei paralleler Augenstellung in unendliche Ferne sehen, so nähert sich nur der obere Theil unseres Sehfeldes einer mit sehr großem Radius beschriebenen Kugelfläche und kann demnach für die nächste Umgebung des Blickpunktes als eine Ebene angesehen werden, die auf der horizontalen Visirebene senkrecht steht. Der untere Theil dagegen ist eine geneigte Ebene, welche in der Nähe unseres Fußpunktes von der horizontalen Bodenebene nicht mehr merklich verschieden ist. Demnach bilden denn auch, wenn wir auf ebenem Boden stehend in unendliche Ferne blicken, nur die oberen Theile des Sehfeldes auf identischen Punkten beider Netzhäute sich ab.

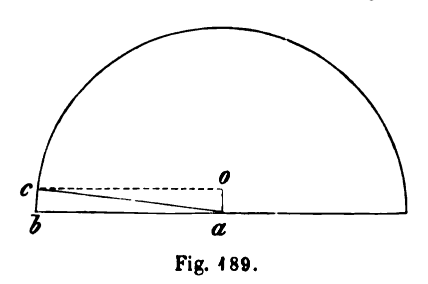


Fig. 189.

1) SMITH bemerkt, dass Sterne, die nur 23° vom Horizont entfernt sind, in der Mitte zwischen Horizont und Zenith zu liegen scheinen. Hieraus ergibt sich die unten in Fig. 197 construirte Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes. (SMITH, Lehrbegriff der Optik, übers. von KAESTNER, Altenburg 1755, S. 56.)

ıkt man sich dagegen auf dem Fußboden in der Medianebene des
rpers eine gerade Linie gezogen, so liegen die Bilder derselben nicht
identischen Stellen, sie schneiden nicht einander parallel die Netz-
ıtcentren, sondern sie convergiren nach oben. Da wir nun trotzdem
Objecte zu unsern Füßen in der Regel einfach sehen, so vermu-
te Helmholtz[1]), dass die früher (S. 141) hervorgehobenen Täuschungen
r die Richtung verticaler Linien hier von Bedeutung seien, weil die
gung, welche eine scheinbar verticale Linie in ihrem Netzhautbilde hat,
ht nur dem Sinne, sondern häufig auch der Größe nach ungefähr die-
ɔe ist, wie sie dem Bild einer auf dem Fußboden gezogenen geraden
ie entspricht. Bei convergenten und etwas nach abwärts geneigten
cklinien dagegen, bei welchen, wie wir früher (S. 123 f.) sahen, Rollungen
die Blicklinie eintreten, die nicht mehr dem Listing'schen Gesetze
gen, entspricht, wie Donders ermittelte, die Fläche, für welche die In-
ıgruenz der Netzhäute verschwindet, in der Regel annähernd derjenigen
ene, in welcher sich die Gegenstände unserer gewöhnlichen Beschäfti-
ng beim Nahesehen befinden, in welcher man z. B. beim Lesen das Buch
halten pflegt[2]). In dieser Ebene der aufgehobenen Incongruenz werden
ien von jeder Richtung binocular einfach gesehen; sie ist, wahrschein-
n in Folge wechselnder Gewohnheiten, individuell etwas veränderlich,
wahrt aber stets eine zur abwärts geneigten Blickebene nicht vollkom-
n senkrechte sondern etwas nach hinten abweichende Richtung. Die
gehörige Lage der Blickebene weicht bei den meisten Individuen er-
blich ab von der vorzugsweise durch die Bewegungsgesetze bei paral-
en Blicklinien ausgezeichneten Primärstellung (S. 114), und zwar liegt sie
fer als die letztere. Wegen dieses Verhältnisses hat Donders jene von
ser als die Primärstellung für Convergenz unterschieden. Wie
n je nach individueller Gewohnheit und Beschäftigung bald parallele
ld convergirende Blickbewegungen überwiegen, so ist es auch wahr-
heinlich, dass bei gewissen Individuen das Sehen mit horizontaler, bei
dern das Sehen mit geneigter Blickebene vorzugsweise die Lage der
rrespondirenden Netzhautmeridiane bestimmt hat. Darum ist dem Um-
nde, dass man in vielen Fällen den Betrag der Netzhautincongruenz der
raussetzung, wonach sie durch die Bodenebene bestimmt wird, nicht ent-
rechend fand[3]), wohl kein entscheidender Werth beizulegen, um so mehr
die früher (S. 140) hervorgehobene Variabilität in der Lage der verti-
len Netzhautmeridiane hier kaum einen sicheren Beweis zulässt. Noch

1) Physiologische Optik, S. 715.
2) Donders, Pflüger's Archiv, XIII, S. 373.
3) Donders a. a. O. S. 405.

Fig. 187 *B* geschehen ist, die Eckpunkte eines jeden der kleinen Quadrate mit den ähnlich liegenden des größeren und fixire wiederum die Mittelpunkte. Nun erscheint plötzlich die ganze Figur einfach: sie gibt das körperliche Bild einer abgestumpften Pyramide; die kleinen Quadrate gehören der dem Beschauer zugekehrten abgestumpften Spitze, die großen der von ihm abgekehrten Grundfläche an. Zuweilen kommt es allerdings auch in diesem Falle vor, dass die größeren Quadrate sammt den sie mit den kleineren verbindenden Linien doppelt gesehen werden; dann verschwindet aber immer auch zugleich der vorige Eindruck der körperlichen Ausdehnung der Figur. Dieser wird in solchen Fällen leicht durch Blickbewegungen entlang den Verbindungslinien wieder wachgerufen. Fixirt

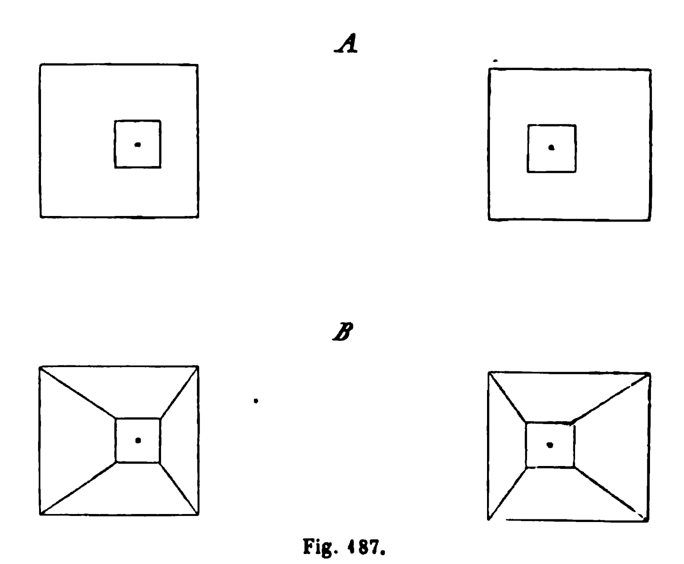


Fig. 187.

man in umgekehrter Weise, indem man den imaginären Blickpunkt vor die Ebene der Zeichnung verlegt und das rechte Auge auf den links, das linke auf den rechts gelegenen Punkt einstellt, so scheint in Fig 187 *A* das einfach gesehene kleine Quadrat etwas über der Ebene der Zeichnung zu schweben, entsprechend der nahen Convergenzstellung, während die großen Quadrate in Doppelbildern erscheinen; in Fig. 187 *B* aber entsteht wieder ein einfaches Bild, in welchem das große Quadrat dem Auge näher zu liegen scheint, als das kleine: das Bild entspricht daher einer Hohlpyramide, deren Grundfläche dem Beschauer zugekehrt ist. Wer in der willkürlichen Fixation getrennter Punkte mit beiden Augen nicht geübt ist, wird leicht durch Einlegen der Zeichnung in ein gewöhnliches Prismenstereoskop die erste Form der körperlichen Wahrnehmung erzeugen; die

zweite lässt sich herstellen, wenn man die Zeichnung aus einander schneidet und dann die beiden Hälften derselben mit einander vertauscht.

Diese Beobachtungen zeigen, dass bei der Gestaltung des Sehfeldes den Fixationslinien eine wesentliche Bedeutung zukommt. Sobald sich in dem objectiven Sehfeld von einander getrennte Punkte befinden, orientiren wir uns über das gegenseitige Lageverhältniss derselben vorzugsweise mittelst der Conturen, durch welche sie verbunden sind. Wenn nun solche fehlen, haben wir zwar ein gewisses Gefühl für ihre größere oder geringere Entfernung, aber bestimmter wird die Vorstellung erst durch die Fixationslinien, auf welchen sich der Blickpunkt hin- und herbewegen kann. Dabei fällt das subjective mit dem objectiven Sehfeld dann am vollständigsten zusammen, wenn solche Bewegungen wirklich vollzogen werden. Doch wirkt schon das bloße Vorhandensein der Linien in demselben Sinne. Auch von der Thatsache, dass unsere Vorstellung über die Entfernung von Objecten, die von einander getrennt im Sehfelde vertheilt sind, eine sehr mangelhafte ist, kann man sich leicht überzeugen. In dem Versuch der Fig. 186 hat man zwar in der Regel die Vorstellung, dass der Stab $a'b'$ näher als ab sich befinde, aber man unterschätzt stets die Distanz beider, wie man alsbald sieht, wenn ab in die durch die punktirte Linie angedeutete geneigte Lage gebracht wird, wo nun plötzlich diese Distanz merklich vergrößert erscheint. Bei den Doppelbilderversuchen in Fig. 185 (S. 178) bemerkt man die nämliche Erscheinung, wenn man abwechselnd auf den näheren und auf den ferneren Punkt einstellt. Dabei scheinen sich nämlich die Doppelbilder, während sie bei der Aenderung der Convergenz einander näher treten, immer gleichzeitig von dem vorher festgehaltenen Fixationspunkte zu entfernen. Der scheinbare Ort der Doppelbilder nähert sich daher auch um so mehr dem Blickpunkte, je mehr der Blick festgehalten wird, und bei vollkommen starrer Fixation entsteht wirklich, wie oben bemerkt, die Vorstellung, dass er sich in gleicher Entfernung befinde. Uebrigens spielt in allen diesen Fällen der Umstand, ob die Netzhautbilder bereits geläufigen Vorstellungen entsprechen, eine wesentliche Rolle. So wird es nicht schwer, die Fig. 188 bei der Fixation der kleineren Kreise zur Vorstellung eines abgestumpften Kegels zu combiniren, obgleich keine Fixationslinien zwischen den kleineren und den größeren Kreisen vorhanden sind. Hierbei kommt uns zu statten, dass eine wirkliche Form dieser Art in der That keine fest bestimmten Fixationslinien besitzt, während an einer abgestumpften Pyramide, wie sie der Fig. 187 entspricht, solche zwischen den Ecken der Basis und der Spitze existiren müssen. Die Vorstellung, die wir bei der Fixation irgend eines Punktes von dem Lageverhältniss aller andern Punkte im Sehfelde haben, ist somit an und für sich nur insoweit bestimmt, als sie durch die Kennt-

niss der **Richtung**, in welcher der Blickpunkt bewegt werden muss, um sich auf sie einzustellen, gegeben ist. Mit andern Worten: wir wissen im allgemeinen, **wohin** wir den Blick wenden müssen, um ein Object zu fixiren; wir wissen aber nicht, um **wie viel** wir ihn drehen müssen. Dies wird begreiflich, wenn wir erwägen, dass eine genaue Lagebestimmung des Augapfels wahrscheinlich auf keine andere Weise zu Stande kommen wird als die Lagebestimmung unserer tastenden Glieder, nämlich unter Mithülfe jener Empfindungen, welche bei der wirklichen Bewegung durch die Pressungen der Theile und andere peripherische Sinnesempfindungen entstehen. Die von Lichteindrücken im Sehfelde ausgehenden Antriebe zur Bewegung beim ruhenden Blick sind nun zwar, je nach der Richtung, in welcher der Antrieb wirkt, mit den von früheren Bewegungen zurückgebliebenen Residuen jener Empfindungen associirt. Aber hierdurch wird hauptsächlich die Richtung, in welcher die Bewegung geschehen soll, dagegen nur unsicher der Umfang der Bewegung bestimmt werden. Letzteres wird erst dann möglich, wenn die in verschiedenen Entfernungen gelegenen

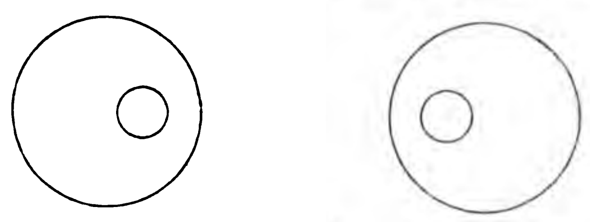


Fig. 188.

Punkte durch eine Fixationslinie mit einander verbunden sind, wo dann jeder Punkt dieser Linie einen selbständigen Antrieb zur Bewegung mit sich bringt, so dass, indem von Punkt zu Punkt der Bewegung die Richtung gegeben ist, damit ihr auch von selbst ihr Umfang vorgezeichnet wird.

Auch die Verbindung der gesehenen Objecte durch Fixationslinien gibt jedoch nur unter bestimmten Bedingungen eine Gewähr dafür, dass das subjective mit dem objectiven Sehfelde übereinstimmt. Als erste Bedingung ergibt sich hier die, dass die Entfernungsunterschiede der gesehenen Punkte nicht allzu groß seien. Wenn man in dem Versuch der Fig. 186 den Stab ab und die Distanz der Punkte c und b' ziemlich groß wählt, so wird der Stab in der geneigten Lage nicht mehr vollständig einfach gesehen, sondern sein vorderes Ende weicht in Doppelbildern aus einander. Selbst wenn die Fixationslinien von geringerer Ausdehnung sind, kann aber Doppelsehen eintreten, sobald man einen Punkt des Objectes starr fixirt. Auf diese Weise können selbst einzelne Theile körperlicher Objecte, namentlich wenn ihre Tiefenentfernung in Bezug auf den fixirten Punkt erheblich ist,

pelt erscheinen; ebenso gelingt dies an gewöhnlichen stereoskopischen
ecten, besonders an solchen von einfacherer Form, in welchen nur die
ptconturen gezeichnet sind, während es in dem Maße schwerer wird,
wie z. B. an stereoskopischen Landschaften oder Gruppenbildern, die
l der Fixationslinien und der sonst die Tiefenanschauung unterstützen-
Hülfsmittel, wie Schattirung, Perspective u. s. w., zunimmt. Sobald
r die nicht fixirten Theile des körperlichen Gegenstandes doppelt ge-
en werden, wird regelmäßig auch die körperliche Vorstellung zerstört.
ähnliche bemerkt man, wenn ein geneigt gehaltener Stab von dem
rten Punkte an in Doppelbildern divergirt. Man sieht dann zwar in
Regel noch, welche Theile des Doppelbildes näher, und welche ent-
ter liegen als der Fixationspunkt, aber eine bestimmte Vorstellung über
Tiefenausdehnung des Stabes fehlt ganz und gar. Man überzeugt sich
on am besten, wenn man den Stab eben noch kurz genug nimmt, damit
e Vereinigung möglich ist, und dann abwechselnd durch starre Fixation
pelbilder hervorbringt und durch rasche Blickbewegungen dieselben
der vereinigt. Diese Versuche beweisen also nichts gegen die Allge-
ingültigkeit des Satzes, dass die Objecte immer dann einfach gesehen
rden, wenn das subjective mit dem objectiven Sehfeld übereinstimmt.
n das Doppelsehen erfolgt immer in dem Momente, wo beide nicht
hr zusammenfallen. Wohl aber weisen die angeführten Beobachtungen
auf hin, dass der übereinstimmenden Auffassung jener beiden Sehfelder
wierigkeiten entgegenstehen, welche in constant wirkenden Bedingungen
e Ursache haben müssen.

Wir können die Umstände, welche die richtige Auffassung des ob-
tiven Sehfeldes erschweren, in folgenden Satz zusammenfassen, aus dem
alle mitgetheilten Erfahrungen vollständig ableiten lassen: *Die Er-
gung solcher Netzhautpunkte, welche in der großen Mehr-
hl der Fälle übereinstimmenden Objectpunkten ent-
rechen, erzeugt leichter eine einfache Vorstellung als die
regung solcher Netzhautpunkte, bei denen eine überein-
mmende Beziehung dieser Art seltener eintritt.* Wo be-
nmte Motive zur Localisation der auf beiden Netzhäuten entworfenen
der fehlen, da localisiren wir dieselben nach dieser *Regel der häufig-
en Verbindung*. Die Existenz einer solchen Regel folgt schon daraus,
s *wir*, wo specielle Gründe zur besonderen Gestaltung des Sehfeldes
ngeln, letzterem dennoch eine bestimmte, und zwar eine allgemein
ereinstimmende Form geben. Diese Form ist es eben, welche als die
ufigste den wechselnderen Gestaltungen des subjectiven Sehfeldes gegen-
ertritt. Zunächst werden wir immer geneigt sein für das Sehfeld jene
gemeinste Form anzunehmen, welche uns theils durch die eigenen Be-

abfällt. Dieser Form fügt sich aber nicht bloß das unendlich entfernte Himmelsgewölbe, sondern auch eine nähere Fläche, die wir bei aufwärts gekehrtem Blick betrachten. Die ebene Decke eines größeren Zimmers z. B. oder das Laubdach eines ebenen Waldwegs sieht man sich zum Horizont senken, ebenso wie die Bodenebene zu demselben ansteigen. Bei der zweiten Hauptrichtung des Sehens sind die in dem Horopterkreis gelegenen Gegenstände in Bezug auf ihre deutliche Auffassung begünstigt. Diese Hauptrichtung geht von einer fest bestimmten Lage der Visirebene, der Primärlage, aus, in der dann bei gleich bleibendem Convergenzwinkel der Blick nach rechts und links gewendet werden kann, während die Bilder der in jenem Kreis gelegenen Objecte sich fortwährend über correspondirende Stellen der Netzhauthorizonte bewegen. In diesem Falle ist die Thatsache entscheidend, dass nähere Gegenstände, die wir in horizontaler Richtung mit dem Blick ausmessen, vorzugsweise unter dem Horizont gelegen sind, also mit gesenktem Blick beobachtet werden. Der Horizont selbst bildet die obere Grenze solcher Horizontaldistanzen: er fordert aber im allgemeinen eine Parallelstellung der Augen. Nachdem so durch die Verhältnisse des gewöhnlichen Sehfeldes die geneigte Lage der Primärstellung gefordert ist, wählen wir diese dann auch unwillkürlich bei solchen Beschäftigungen, bei denen es uns, wie beim Lesen und Schreiben oder bei feinen mechanischen Arbeiten, auf eine besonders genaue Auffassung in der horizontalen Sehrichtung ankommt. Dabei ist freilich nicht zu übersehen, dass auch die Muskeln unserer Arme und Hände in einer Weise eingerichtet und eingeübt sind, die eine solche Haltung des Auges verlangt. Auch hier sind es also wieder mannigfaltige Bedingungen, welche nach einem Ziele zusammenwirken.

In asymmetrischen Convergenzstellungen außerhalb der Primärlage gibt es zwar ebenfalls noch eine Horopterlinie. Letztere ist aber in diesem Fall eine Curve doppelter Krümmung, welche durch den Schnitt zweier Hyperboloide entsteht. Es liegt keine Wahrscheinlichkeit vor, dass diese Linie für das Sehen irgend eine Bedeutung habe. Die genannten Augenstellungen verhalten sich daher in dieser Beziehung nicht anders, als wenn der Blickpunkt der einzige correspondirende Punkt wäre. Begünstigte Richtungen des Sehens kann es hier nicht geben, da die Horoptercurve in keinem Fall mehr eine durch den Blickpunkt gehende Linie ist. Nach dem LISTING'schen Gesetze sind, wie wir gesehen haben, in der Primärlage alle Richtungen des Sehens dadurch bevorzugt, dass in ihnen die Orientirung des Auges bei der Bewegung des Blicks constant bleibt. Jede in der Primärlage durch den Fixationspunkt gehende Gerade verschiebt sich bei der Bewegung im Netzhautbild des einzelnen Auges in sich selber. Beim binocularen Sehen werden diese begünstigten Richtungen auf die zwei Hauptrichtungen reducirt. Dabei haben jedoch, wie es scheint, die bei den Convergenzstellungen eintretenden Abweichungen vom LISTING'schen Gesetze die Bedeutung, dass sie eine zweite tiefere Primärlage speciell für das Sehen in der Nähe hervorbringen.

Indem die Einflüsse, welche die constantere Zuordnung der correspondirenden Punkte bedingen, und diejenigen, welche von der variabeln Auffassung des Sehfeldes ausgehen, neben einander zur Geltung kommen, bildet sich im allgemeinen eine Neigung aus, solche Bilder beider Netzhäute, die sich in Form und Größe sehr nahe kommen und nahezu correspondirende Stellen decken.

aber dieses hierbei einen Blickpunkt hat, der weiter nach innen liegt
der des normalen Auges, so muss von ihm der letztere Punkt um
selben Betrag zu weit nach außen verlegt werden; es erscheinen also
pelbilder, deren Distanz dem Aberrationswinkel des schielenden Auges
pricht. Dieser Winkel wechselt bei verschiedenen Augenstellungen,
em er mit wachsender Convergenz zunimmt; hierin liegt wohl die Ur-
ie, dass sich in solchen Fällen eine neue feste Beziehung der binocu-
n Netzhauteindrücke nicht ausbilden kann, sondern höchstens, in Folge
retender Gesichtsschwäche an dem schielenden Auge, das Einfachsehen
monoculares sich herstellt. Anders ist dies beim muskulären Schie-
[1]). Hier behält der Winkel, um welchen die Gesichtslinie des schie-
len Auges von der richtigen Stellung abweicht, immer die nämliche
ße, da die gemeinsame Innervation des Doppelauges nicht gestört ist.
h in diesen Fällen kommt es vor, dass das eine Halbbild in Folge zu
nger Sehschärfe des betreffenden Auges vernachlässigt wird. Meistens
r wird bald das eine bald das andere Auge zum Fixiren benützt.
tzdem werden die Objecte in der Regel nicht doppelt sondern einfach
ehen. Dass solches nicht von Vernachlässigung des einen Halbbildes
rührt, kann man durch ablenkende Prismen leicht nachweisen, indem
se alsbald Doppelbilder hervortreten lassen. Es muss also hier das
zhautcentrum des einen Auges demjenigen Punkt der Netzhaut des
ern Auges, auf welchem der nämliche Objectpunkt sich abbildet, in
stanterer Weise zugeordnet, und entsprechend müssen dann die übrigen
nder zugeordneten Netzhautpunkte verschoben sein. In der That treten
h, wenn durch eine Operation den Augen ihre normale Stellung
eben wird, eine Zeit lang außerordentlich störende Doppelbilder auf,
che nur allmählich verschwinden, sei es weil das eine Halbbild ver-
hlässigt wird, sei es weil abermals eine neue Zuordnung der binocu-
n Netzhautstellen sich herstellt.

Wohl ebenso sehr wie diese pathologischen Fälle spricht aber die Art
l Weise, wie im normalen Auge die constanter zugeordneten Stellen
gert sind, für eine Entwicklung aus variableren Verbindungsverhält-
sen. Es liegen nämlich diese Stellen in den meisten Augen nicht, wie
n lange Zeit vorausgesetzt hat, vollkommen symmetrisch zur Median-
ne des Körpers, sondern sie zeigen Abweichungen, welche darauf hin-
ten, dass jene Form des subjectiven Sehfeldes, welche als
e weitaus häufigste angesehen werden muss, auf die La-
rung der correspondirenden Stellen von bestimmendem

---

1) Nagel, Das Sehen mit zwei Augen, S. 130. Alfr. Graefe, Archiv f. Ophthalm.
2, S. 17, und Handbuch der ges. Augenheilkunde, VI, 1, S. 86 f.

bination der Linienpaare *ab* und *cd* (Fig. 192) entsteht die Vorstellung eines Tiefenunterschieds. Denken wir uns zwei Linien im Raume, von denen die rechts gelegene weiter vom Beobachter entfernt ist als die linke, so entwerfen

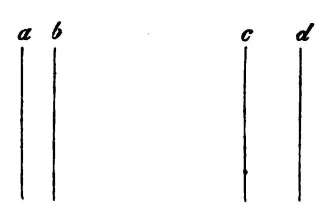
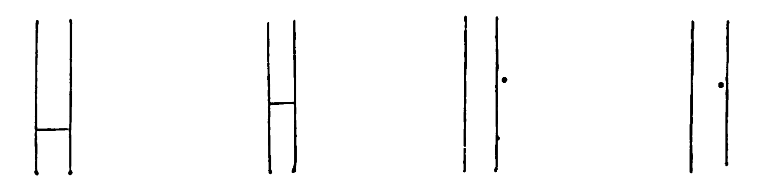


Fig. 192.

dieselben bei naher Betrachtung in der That im linken Auge ein Bild *ab*, im rechten ein Bild *cd*. Bei Horizontallinien kann ein solcher Distanzunterschied der Bilder nur noch bei seitlicher Lage des Objects vorkommen, und er kann hier, weil seitliche Objecte zu bald aus unserm Gesichtsfeld verschwinden, bei weitem keinen so hohen Grad erreichen. Kreise von verschiedenem Halbmesser bieten ein gemischtes Verhalten dar. Ihre verticalen Bogen können auf die Tiefendimension bezogen werden, ihre horizontalen können nur analog den geraden Horizontallinien vereinigt werden. Daher beobachtet man auch zuweilen, dass die ersteren verschmelzen, während die letzteren in Doppelbildern erscheinen. Ueber die äußersten Distanzunterschiede, in welchen gerade Linien noch vereinigt werden können, hat VOLKMANN messende Versuche ausgeführt, welche zeigen, dass diese Unterschiede bei verticaler Richtung das


Fig. 193. Fig. 194.

4 bis 6fache derjenigen bei horizontaler betragen dürfen; doch sind die individuellen Schwankungen bedeutend[1]). Einen großen Einfluss auf die Trennung der Doppelbilder, mögen dieselben nun durch die Beziehung auf bestimmte Lageverhältnisse der Objecte erschwert sein oder nicht, übt auch die Anbringung gewisser Merkzeichen aus, welche die Vereinigung in eine einzige Vorstellung hindern. So widersetzen sich die Linienpaare in Fig. 193 der Verschmelzung in Folge der beiden Horizontallinien. Dasselbe tritt schon ein, wenn man, wie in Fig. 194, von zwei zu combinirenden Linien die eine durch einen rechts, die andere durch einen links beigesetzten Punkt auszeichnet. In allen diesen Fällen, die noch in der mannigfaltigsten Weise variirt werden können[2]), schwindet dann aber mit dem Eintritt der Doppelbilder alsbald die Vorstellung einer verschiedenen Tiefenentfernung der Linien.

Wie in den zuletzt beschriebenen Versuchen die Trennung der auf nicht correspondirende Stellen fallenden Bilder durch besondere Zeichen begünstigt wird, so kann auch umgekehrt durch auszeichnende Merkmale die Vereinigung der auf correspondirenden Stellen entworfenen Bilder verhindert werden, falls nur gleichzeitig andere Momente ein Auseinanderfallen der Deckpunkte und der

---

1) VOLKMANN, Archiv f. Ophthalm., II, 2, S. 32 ff.
2) Vgl. VOLKMANN a. a. O. S. 19 ff. PANUM, Das Sehen mit zwei Augen, S. 64 ff.

rrespondirenden Punkte veranlassen. Man zeichne, wie in Fig. 195, zwei ien, welche die Richtungen der scheinbar verticalen Meridiane besitzen; die ie links werde dick, die Linie rechts möglichst fein gezogen, außerdem nge man aber rechts noch eine ebenfalls dick ausgezogene Linie von etwas derer Richtung an. Bringt man diese Zeichnungen binocular zur Deckung, werden die beiden dicken Linien vereinigt, und zwar erwecken dieselben Vorstellung eines sich in die Tiefe erstreckenden Stabes, die feine Linie er wird isolirt gesehen. Dieser im wesentlichen schon von WHEATSTONE[1]) gegebene Versuch ist mehrfach bestritten worden[2]). Aber selbstverständlich nn der Umstand, dass es zuweilen gelingt, die correspondirenden Linien statt disparaten zu verschmelzen, nichts beweisen. Auch kann nicht angenommen rden, dass etwa durch die Tendenz zur Verschmelzung eine Rollung der gen um die Gesichtslinien eintrete, da andere Linien, die man noch im Gehtsfelde anbringt, z. B. die Vierecke, welche die Fig. 195 umrahmen, ihre eeinbare Richtung nicht verändern und sich fortwährend decken; zudem icht dagegen die deutliche Tiefenvorstellung. Letztere beweist ferner, dass

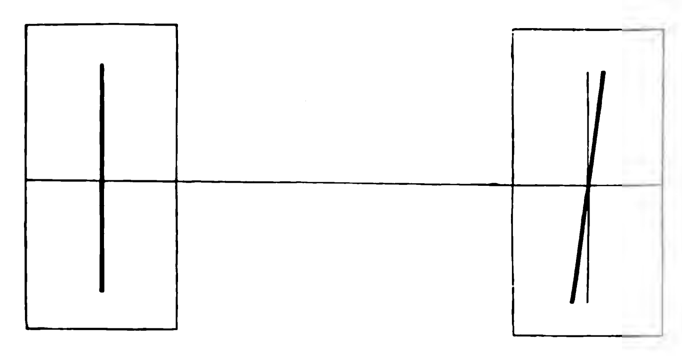


Fig. 195.

ht etwa das Halbbild der einen der starken Linien ausgelöscht wird. Endlich n man beide von verschiedener Farbe nehmen, wo dann das Sammelbild nzend und in der Mischfarbe erscheint[3]). Nach der oben vorgetragenen eorie bildet der WHEATSTONE'sche Versuch keine Schwierigkeit. In ihm sind ade solche Bedingungen hergestellt, dass die verticale Zuordnung der Deck-

1) WHEATSTONE, POGGENDORFF's Annalen, 1842. Ergänzungsband, S. 30. Eine andere rm des Versuchs siehe bei NAGEL, Das Sehen mit zwei Augen, S. 81.

2) BRÜCKE, MÜLLER's Archiv, 1841, S. 459. VOLKMANN a. a. O. S. 74. Die von SCHOEN chiv f. Ophthalm., XXIV, 1, S. 61) behauptete Rollung um die Gesichtslinien bei Vereinigung der beiden stark gezogenen Linien kann ich nicht bestätigt finden. von SCHOEN gezogenen Merklinien beider Zeichnungen scheinen mir, so lange die rk gezogene Linie stereoskopisch gesehen wird, im indirecten Sehen genau in einer htung zu liegen, und die Abweichung derselben tritt erst ein, wenn ich die Merkien zu fixiren versuche. Bei der in Fig. 195 gezeichneten Anordnung wird überdies rch die Horizontallinie die von SCHOEN supponirte Rollung gehindert. Denn die Halbder von horizontalen Linien beherrschen, wie auch DONDERS (PFLÜGER's Archiv, XIII, 417) bemerkt, stets die von verticalen, und sie verhindern Rollbewegungen, zu denen nst die letzteren Anlass geben könnten.

3) Vgl. die unten folgenden Erörterungen über den stereoskopischen Glanz.

stellen nach den Lageverschiedenheiten der Bilder entschieden begünstigt ist vor der constanteren Zuordnung der correspondirenden Punkte, wie sie sich aus der Beschaffenheit des gewöhnlichen Sehfeldes entwickelt hat.

Eine äußerst belehrende Modification dieser Versuche besteht darin, dass man statt der objectiven Bilder binocular erzeugte Nachbilder anwendet die in der nämlichen Weise, wie es früher (S. 116 ff.) an monocularen Nachbildern gezeigt wurde, in wechselnder Weise nach außen projicirt werden Schon WHEATSTONE[1]) und ROGERS[2]) haben beobachtet, dass Nachbilder, welche in beiden Augen auf nicht-correspondirenden Netzhautstellen liegen, stereoskopisch combinirt werden können. Ich habe außerdem den Einfluss zu ermitteln gesucht, welchen die Vorstellung von der Lage des Sehfeldes, in die die Nachbilder verlegt werden, auf die binoculare Verschmelzung derselben ausübt[3]). Dabei ergab sich, dass die Nachbilder beider Augen auf irgend eine ihrer Form und Richtung nach bekannte Fläche nach denselben Gesetzen projicirt werden, nach welchen auch das einzelne Auge die Nachbilder in sein Sehfeld verlegt, dass also die binocularen Nachbilder dann mit einander verschmelzen, wenn sie auf Deckstellen des Sehfeldes zu liegen kommen. Fixirt man z. B. (Fig. 196) mit dem rechten Auge einen farbigen Streifen a auf complementärfarbigem Grunde, und projicirt man dann das Nachbild desselben auf eine Ebene, die gleich der Ebene des ursprünglichen Streifens senkrecht zur Visirebene ist, so behält das Nachbild dieselbe Lage wie sein Erzeugungsbild. Dreht man nun aber die Projectionsebene um eine horizontale Axe $\alpha\beta$, so dass sich das obere Ende derselben vom Beobachter wegkehrt, so geht das Nachbild aus der Lage a in die Lage c über. Aehnlich nimmt ein im linken Auge erzeugtes Nachbild b auf einer zur Visirebene senkrechten Projectionsebene zunächst die Lage b an, aus der es, wenn man die Ebene in der oben angegebenen Weise dreht, ebenfalls in die Lage c übergeht.

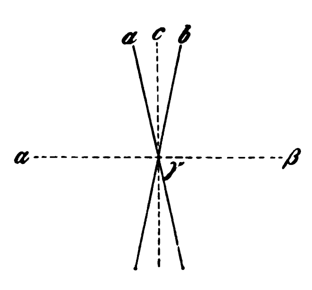


Fig. 196.

Erzeugt man nun gleichzeitig im rechten Auge ein Nachbild a, im linken ein Nachbild b, und fixirt dann den Punkt γ, so sieht man zunächst zwei Nachbilder a und b, die sich in γ kreuzen. Dreht man aber jetzt die Ebene wieder in der oben angegebenen Weise vom Beobachter weg, so verschmelzen beide in das eine Nachbild c. VOLKMANN hat diesem Resultat widersprochen. Er behauptet die beiden Nachbilder blieben bei der Drehung der Ebene doppelt, und nur dann, wenn man das linke Auge schließe, nehme a die Richtung c, ebenso wenn man das rechte schließe, b die Richtung c an[4]). Es mögen vielleicht bei einzelnen Beobachtern die doppelt gesehenen Nachbilder so sehr ihrer Vereinigung widerstreben, dass sie gar nicht auf die geneigte Fläche projicirt sondern immer noch in einer zur Visirebene senkrechten Ebene, also in der

1) POGGENDORFF's Annalen a. a. O. S. 46.
2) SILLIMAN's Journal, Nov. 1860.
3) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 271 f.
4) VOLKMANN, Physiologische Untersuchungen im Gebiet der Optik, I, S. 169. Vgl. auch SCHOEN, Archiv f. Ophthalmol., XXIV, S. 57.

ft stehend gesehen werden. Mit Rücksicht auf den früher erörterten Einfluss
· gewöhnlichen Form des Sehfelds auf die constantere Zuordnung der corres-
ıdirenden Punkte hätte dies gerade nichts auffallendes. Ich muss jedoch
vorheben, dass sich mir selbst bei dem besprochenen Versuch immer die
chbilder vereinigen, und auch die Annahme, dass etwa wegen der Flüchtig-
t der Nachbilder das eine ganz übersehen worden sei, muss ich zurück-
isen, da ich bei Rückdrehung der Projectionsebene in ihre Ausgangsstellung
Nachbilder wieder zu trennen vermag. Schwieriger ist die folgende um-
ehrte Form des Versuchs. Man fixire binocular zwei scheinbar verticale
bige Streifen, so dass dieselben im gemeinsamen Bilde zu einem Streifen
schmelzen. Entwirft man nun das Nachbild auf eine Ebene, welche stark
· Visirebene geneigt ist, so gelingt es zuweilen, dasselbe in der Form eines
Fixationspunkt sich kreuzenden Doppelbildes zu sehen: hier bezieht man
o die Erregungen annähernd correspondirender Netzhautstellen auf verschiedene
jecte im Raume. Allerdings gelingt es in diesem Fall nicht immer das
ppelbild zu sehen, sondern oft bleibt das Nachbild einfach; ich habe aber
ın immer die deutliche Vorstellung, dass dasselbe nicht auf der vorgehaltenen
ene liegt, sondern in der Luft steht.

7. Das Stereoskop und die secundären Bedingungen der Tiefenvorstellung.

Das Stereoskop ahmt die natürlichen Bedingungen des körperlichen
hens nach, indem es Bilder darbietet, wie sie ein körperlicher Gegen-
nd in beiden Augen entwerfen würde. Zugleich ist man aber mittelst
s Stereoskopes im Stande, die Verhältnisse, welche beim natürlichen
hen nur in Bezug auf nahe gelegene Objecte vorkommen, auf entfern-
e zu übertragen. In dem Stereoskop kann man nämlich Aufnahmen
ıes fernen Gegenstandes verbinden, die in zwei Stellungen gemacht sind,
lche die Distanz der beiden Augen von einander weit übertreffen. Auf
ese Weise geben uns z. B. die gewöhnlichen stereoskopischen Landschafts-
otographien ein körperliches Bild, wie es uns das natürliche Sehen nicht
rschafft. Denn eine Landschaft ist von dem Standpunkte, auf welchem
übersehen werden kann, zu weit entfernt, als dass merkliche Ver-
hiedenheiten der Netzhautbilder existirten. Das stereoskopische Bild ent-
richt also nicht der wirklichen Landschaft, sondern einem in der Nähe
trachteten Modell derselben[1]).

Die Bedeutung des binocularen Sehens lässt sich veranschaulichen,

[1]) Um bei Betrachtung einer wirklichen Landschaft den stereoskopischen Effect zu
ıalten, hat Helmholtz das Telestereoskop construirt, eine Vorrichtung, bei
lcher durch zu einander geneigte Spiegel beiden Augen Bilder der Landschaft
oten werden, die einer größeren Distanz der Aufnahmestandpunkte entsprechen.
elmholtz, Physiol. Optik, S. 681 und Taf. IV, Fig. 3.)

indem man die beiden Augen mit zwei Beobachtern vergleicht, welche von verschiedenen Standpunkten aus die Welt anblicken und einander ihre Erfahrungen mittheilen. Mit diesem Bild ist aber freilich keine Erklärung des stereoskopischen Sehens gegeben; diese liegt vielmehr in jenen Momenten, welche wir oben als bestimmend für die Entstehung des variabeln Sehfeldes angeführt haben. Der nächste Grund für die Beziehung eines Lichteindrucks auf einen bestimmten Ort im Raume ist die an denselben gebundene Bewegungsempfindung. Diese richtet sich in jedem Auge nach dem Lageverhältniss des Eindrucks zum Netzhautcentrum. Fällt der Eindruck in jedem Auge auf eine Stelle einwärts vom Mittelpunkt, so verursacht er ein Streben zur Verminderung der Convergenz, er wird also auf ein Object bezogen, das weiter als der Blickpunkt entfernt ist. Liegt er in beiden Augen nach außen vom Centrum, so erweckt er ein Streben zu verstärkter Convergenz, er wird demnach näher als der Blickpunkt objectivirt. Nur wenn der Eindruck im einen Auge ebenso weit einwärts wie im andern auswärts gelegen ist, entsteht ein Antrieb zu gleichmäßiger Seitwärtswendung beider Gesichtslinien, und der Eindruck wird nun in dieselbe Entfernung wie der Blickpunkt aber seitlich von demselben objectivirt. Wirkt endlich der Eindruck im einen Auge nach innen, im andern nach außen und in verschiedener Distanz vom Netzhautcentrum ein, so ist der Erfolg ein gemischter: es entsteht nun gleichzeitig ein Antrieb zur Seitwärtswendung und ein solcher zu vermehrter oder verminderter Convergenz. Dies führt zu der Vorstellung, dass der Gegenstand seitlich vom Blickpunkt und gleichzeitig entweder näher oder ferner gelegen sei. Nun sind die Bewegungsantriebe des ruhenden Auges, wie wir bemerkt haben, nur in Bezug auf ihre Richtung, nicht nach ihrer Größe fest bestimmt. So erklärt es sich wohl, dass das ruhende Doppelauge im allgemeinen eine ungenauere Vorstellung von der körperlichen Form eines Gegenstandes empfängt, und dass für dasselbe die Vereinigung der zusammengehörigen stereoskopischen Bildtheile zwar möglich, aber nicht nothwendig ist. Diese treten um so leichter zu Doppelbildern auseinander, einer je festeren Fixation man sich befleißigt. Erst bei der Bewegung des Auges entsteht die Empfindung der wirklich aufgewandten Energie und damit eine festere Beziehung der zusammengehörigen Deckstellen der Netzhäute. Deckpunkte werden nun alle jene Punkte des Raumes, welche bei der Bewegung abwechselnd Blickpunkte gewesen sind. Dabei zeigt sich dann zugleich die einmal gebildete Vorstellung von wesentlichem Einflusse. Sobald man durch die Bewegung die Form eines Objectes aufgefasst hat, ist es leicht, sie auch während der Ruhe festzuhalten. Etwas ähnliches bemerkt man, wenn stereoskopische Bilder bei momentaner Erleuchtung mit dem elektrischen Funken betrachtet werden. Meist

d mehrere auf einander folgende Erleuchtungen mit wechselndem Blick-
nkt erforderlich, um den stereoskopischen Effect zu erzielen. Nur dann
man überhaupt im Stande, bei einer einzigen momentanen Erleuchtung
Tiefenvorstellung zu vollziehen, wenn zwei zusammengehörige Deck-
nkte der beiden Bilder bereits vorher als Lichtpunkte bemerklich ge-
cht und fixirt wurden. Doch ist hierbei immerhin die Vorstellung un-
herer als nach wiederholter Erleuchtung.

Das binoculare stereoskopische Sehen liefert uns nicht, wie behauptet
rd, einen Raum von drei Dimensionen, sondern wir sehen im allge-
inen nur eine Oberfläche, also ein Gebilde aus zwei Dimensionen.
ch besitzt diese Oberfläche eine mannigfaltige, bald stetig bald plötzlich
chselnde Krümmung, so dass dieselbe nur mit Hülfe der dritten Dimen-
n construirt werden kann. Der eigentliche Unterschied des binocularen
d monocularen Sehens besteht aber darin, dass das letztere nur die
den einfachsten Flächen, Kugeloberfläche und Ebene, diese als kleines
ck einer Kugel von sehr großem Radius, vermöge seiner Bewegungs-
etze unmittelbar zu erzeugen vermag, während wir mit beiden Augen
telst der wechselnden Verlegung des Blickpunktes Oberflächen aller
stalten in unserer Vorstellung hervorbringen können. Es sind erst
lingungen secundärer Art, durch welche sich auch im monocularen
nen diese verwickelteren Vorstellungen bilden, und dieselben entbehren
r immer der unmittelbaren Sicherheit, die der binoculare Anblick ge-
hrt. Doch sind wir bei der Auffassung der Lageverhältnisse entfernter
genstände ausschließlich, auch im binocularen Sehen, auf diese secun-
ren Bedingungen angewiesen, welche im Vergleich mit den mehr an die
prüngliche Empfindung gebundenen Motiven der binocularen Wahr-
nmung immer eine größere Menge individueller Associationen voraus-
zen. Hierher gehört zunächst der Lauf der Begrenzungslinien
Gegenstände im Sehfeld. Die Entfernung eines Gegenstandes beur-
ilen wir nach dem scheinbaren Ansteigen der ebenen Bodenfläche oder
über uns gelegenen Objecten, die wir mit aufwärts gewandtem Blick
rachten müssen, nach ihrem scheinbaren Abfall gegen den Horizont[1].
uns die Fußpunkte der Objecte verdeckt bleiben, sind wir daher über
ren relative Entfernung sehr unsicher. So erscheinen uns Bergreihen,
sich hinter einander aufthürmen, wie in einer Fläche liegend. Bei
chnungen, in denen unbestimmt gelassen ist, wie der Lauf der Contur-
ien in Bezug auf den Beobachter gemeint sei, kann dadurch die Vor-
llung in ein eigenthümliches Schwanken gerathen. Die Fig. 197 z. B.
cheint bald als eine Treppe, indem die Fläche *a* vor die Fläche *b*

---

1) Vgl. oben S. 186.

verlegt wird, bald aber auch als ein überhängendes Mauerstück von umgekehrter Treppenform, indem *a* **hinter** *b* zu liegen scheint[1]). Dieses Schwanken ist dadurch verursacht, dass wir die Grenzlinien $\alpha\beta$ bald auf das scheinbare Ansteigen der Fußbodenebene bald auf den scheinbaren Abfall der Deckenebene beziehen können. Auf den Wechsel dieser beiden Vorstellungen sind zunächst Bewegungen des Auges von maßgebendem Einfluss. Bewegt man nämlich dasselbe von α nach β, also in aufsteigender Richtung, so ist man geneigt die Ecke α erhaben zu sehen, umgekehrt bei der Bewegung von β nach α vertieft: dort entsteht also die Vorstellung der Treppe, hier die des Mauerstücks. Ebenso ist man geneigt α erhaben zu sehen, wenn die Zeichnung dem Auge genähert, vertieft wenn sie von demselben entfernt wird, weil man dabei ähnliche Bewegungen wie vorhin ausführt; der Wechsel hört daher in diesem Fall auf, wenn man einen bestimmten Punkt der Figur starr fixirt[2]). Offenbar ist bei diesem Einfluss der Augenbewegung der Umstand entscheidend, dass wir bei den Bewegungen der Blicklinie gewohnt sind von näheren auf entferntere Punkte überzugehen. Es wirkt also hier die Association der Bewegung mit der zugehörigen Vorstellung. Nicht minder können darum auch noch andere Bedingungen der Association einer bestimmten Vorstellung den Vorrang verschaffen. Wenn man z. B. eine menschliche Figur zeichnet, welche die Treppe hinaufsteigt, oder wenn man, um die Vorstellung des überhängenden Mauerstücks zu begünstigen, den unteren Theil der Treppe hinweglässt und oben die Figur mit der punktirt angedeuteten Linie bei δ abschließt, so hört jedes Schwanken der Vorstellung auf. Das nämliche kann durch die verschiedene Vertheilung von Licht und Schatten bewirkt werden, wenn man also entweder die Fläche *b* auf den einzelnen Treppenstufen oder diese auf der Fläche *a* ihren Schatten werfen lässt. So bietet überhaupt der **Schlagschatten** der Gegenstände ein wichtiges Hülfsmittel für die Auffassung ihrer Lage und Form. In der Morgen- und Abendbeleuchtung, in der die Schatten der Bäume und Häuser läng-

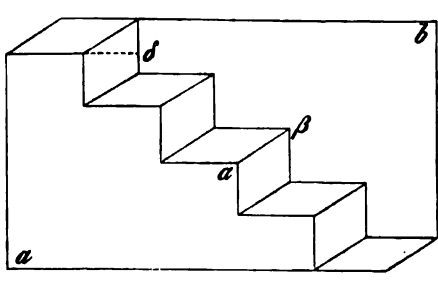


Fig. 197.

---

1) Schroeder, Poggendorff's Annalen, CV, S. 298.

2) N. Lange, Phil. Stud. IV, S. 406 ff. Auf die Inversion bei Annäherung und Entfernung des Objectes hat J. Loeb (Pflüger's Archiv, XL, S. 274) aufmerksam gemacht. Entsprechende Veränderungen beobachtete er bei wechselnder Accommodation des Auges. Statt der Schroeder'schen Treppenfigur benutzte er die bloße Linearzeichnung eines Winkels mit verticaler Kante.

d, scheinen uns die Entfernungen größer als in der Mittagssonne. Ob
genstände erhaben oder vertieft sind, unterscheiden wir an den Schatten,
lche ihre Ränder werfen. Eine Hohlform zeigt die Schatten an der dem
ht zugekehrten, eine erhabene Form an der demselben abgekehrten Seite.
rachtet man daher z. B. eine erhabene Medaille, von der das Fenster-
t durch einen Schirm abgehalten ist, während sie von der entgegen-
etzten Seite her durch einen Spiegel beleuchtet wird, so erscheint das
ief verkehrt[1]). Nicht bloß der Schatten an sich sondern auch die Ver-
tnisse der Umgebung, wie die Richtung, in der das Licht einfällt, be-
nmen also in diesen Fällen unsere Vorstellung.

Bei bekannten Gegenständen, die sich in größerer Ferne befinden,
tet sich die Vorstellung der Entfernung zunächst nach dem Gesichts-
nkel (S. 107). Unbekannte Gegenstände stellen wir uns in Bezug auf
e Distanzverhältnisse nach den in gleicher Entfernung befindlichen in
er gewöhnlichen Größe geläufigen vor, wie Menschen, Bäume, Häuser.
wir aber Objecte, die wir unter gleichem Gesichtswinkel sehen, ver-

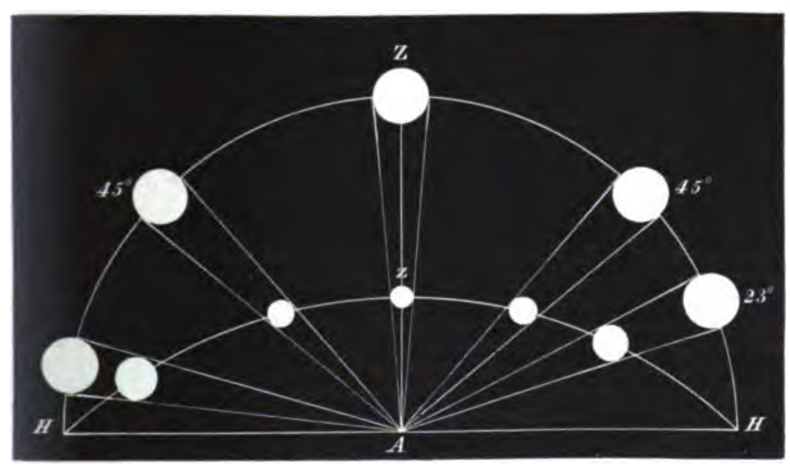


Fig. 198.

ge anderer Associationsbedingungen in verschiedene Entfernung ver-
en, da erscheint uns nun der fernere Gegenstand größer, da er in
That, wenn er sich in größerer Entfernung befände, größer sein müsste,
unter gleichem Gesichtswinkel gesehen zu werden. Darum erscheinen
Sonne und Mond am Horizont größer als im Zenith; denn jener scheint
entfernter als dieser, theils wegen der in Fig. 189 (S. 186) dargestellten
rm des Sehfeldes, theils weil seine Distanz wegen der vielen zwischen-

1) Oppel, Poggendorff's Annalen, XCIX, S. 466.

liegenden Objecte als eingetheilte gegenüber einer nicht eingetheilten Strecke in Betracht kommt (vergl. S. 142). Bedeutet also A in Fig. 198 den Standpunkt des Beobachters, HZH den Halbkreis der Sonnen- oder Mondbahn, HzH dagegen einen in der Richtung jener Bahn gelegten Durchschnitt durch die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes, so ist die Größe des Gesichtswinkels bei den verschiedenen Stellungen des Gestirns constant, aber indem das gleiche Netzhautbild jedesmal in andre Entfernungen verlegt wird, muss die scheinbare Größe des Gestirns die durch die unteren Kreise angegebenen Veränderungen erfahren[1]). Bei näheren Objecten, bei denen wir uns durch Accommodations- und Convergenzbewegungen genauere Entfernungsvorstellungen bilden können, wird der Einfluss der bei zunehmender Entfernung eines Gegenstandes eintretenden Abnahme des Gesichtswinkels nahezu vollständig durch die mittelst jener directeren Hülfsmittel gebildete Entfernungsvorstellung compensirt: von zwei Gegenständen erscheint uns daher in diesem Fall der fernere dem näheren nicht dann an Größe gleich, wenn ihre Netzhautbilder gleich sind, sondern dann, wenn die Gegenstände selbst nahezu gleich groß sind. Der Einfluss des Netzhautbildes macht sich dann nur noch in Gestalt eines Schätzungsfehlers geltend, der für jeden Entfernungsunterschied constant ist und eine kleine Abweichung der Vorstellung von der wirklichen Größe im Sinne der Netzhautbilder darthut. Bei etwas entfernteren Gegenständen, bei denen die Accommodation und Convergenz keine bestimmten Entfernungsvorstellungen mehr vermitteln

---

1) Da, wie oben (S. 186 Anm. 1) bemerkt, Sterne in etwa 28° Distanz vom Horizont in der Mitte zwischen Horizont und Zenith zu liegen scheinen, so lässt sich hiernach, wie in Fig. 198 geschehen ist, die Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes und mittelst dieser die scheinbare relative Größenänderung von Sonne und Mond construiren. Das Ergebniss dieser Construction dürfte mit der Beobachtung zureichend übereinstimmen, immerhin würde eine genauere Prüfung dieser Uebereinstimmung wünschenswerth sein. In Zeichnungen lassen sich übrigens mit Hülfe der Perspective ähnliche Täuschungen hervorbringen. Vgl. ein Object dieser Art bei W. v. Bezold, Wiedem. Ann., XIII, S. 351.

2) Götz Martius (Phil. Stud. V, S. 601 ff.) wies diesen relativ geringen Einfluss des Gesichtswinkels auf die Größenvorstellung näherer Objecte nach, indem er prismatische Holzstäbe von gleicher Form, aber abweichender Größe und Entfernung vom Beobachter in Bezug auf ihre scheinbare Größe vergleichen ließ. Der eine der in einem Versuch zu vergleichenden Stäbe diente als Normalgröße: er befand sich stets in 50 cm Entfernung; der andere, der in einer Versuchsreihe 2,5, in einer anderen 5,25 m entfernt war, diente als Vergleichsgröße: er konnte in Stufen von 0,5 cm verändert werden. Es fanden sich so bei den zwei genannten Entfernungen zu den 3 Normalgrößen 20, 50 und 100 cm die folgenden Vergleichsgrößen bei zwei Beobachtern (M. M. und G. M.):

	I. 5,25 m			II. 2,50 m		
	20	50	100	20	50	100
M.M.	21,67	57,62	106,62	20,62	53,87	107,75
G.M.	21,92	59	110	21,62	56,62	109,25

nen, pflegen bei bekannten Objecten oder bei solchen, die bekannteren
gen irgendwie analog sind, Associationen mit diesen zunächst für die
ßenvorstellung und dadurch indirect auch für die Entfernungsvorstellung
ßgebend zu werden. So sehen wir einen Menschen auf einem Thurm
it in dem Grade kleiner, als einen in unserer Nähe befindlichen, als es
ı sehr viel kleineren Gesichtswinkel entsprechen würde. Das Zifferblatt
r Thurmuhr stellen wir uns etwa in der Größe des Zifferblatts einer
en Zimmeruhr, den Thurmknopf wie den Knopf einer Fahnenstange vor;
'ernten Berghöhen geben wir die Höhe benachbarter Hügel. Solche durch
ociationen vermittelte Größenvorstellungen bewirken dann aber immer
leich, dass wir uns auch die Gegenstände näher vorstellen, als sie
ntlich sind[1]).

Im Verein mit dem Zug der Begrenzungslinien bildet die Verkleinerung
Gesichtswinkels mit wachsender Entfernung die Elemente der Per-
ctive. Bei den allerfernsten Objecten, den Gebirgen und Wolken,
che den Horizont umsäumen, können aber die Hülfsmittel der gewöhn-
en Perspective nicht mehr zur Geltung kommen: sie erscheinen alle
auf einer einzigen Ebene ausgebreitet. Hier ist dann durch die so-
annte Luftperspective noch die Möglichkeit geboten, wenigstens
ßere Distanzunterschiede wahrzunehmen. Durch die Erfüllung der Luft,
entlich ihrer niedrigeren Schichten, mit Nebelbläschen, werden nämlich
Gegenstände mit wachsender Entfernung immer undeutlicher, und sie
men zugleich bei geringer Lichtstärke eine blaue, bei größerer eine
e Färbung an. Die Berge am Horizont erscheinen also bläulich, die
r- oder aufgehende Sonne und die von ihr beleuchteten Berggipfel
r purpurroth gefärbt. Wie die gewöhnliche Perspective in Folge des
lusses der Schlagschatten mit der Tageszeit, so wechselt nun die Luft-
spective außerordentlich mit der Witterung. Wenn die Luft klar oder
ken oder, statt mit Wassernebeln, mit Wasserdämpfen erfüllt ist, so
heint uns der Horizont bedeutend genähert. Umgekehrt rücken bei
item Nebel nähere Gegenstände scheinbar in größere Ferne, und sie
heinen uns dann, da doch ihr Gesichtswinkel unverändert geblieben
zugleich vergrößert. Bäume, Menschen sehen wir z. B. durch eine
elschicht zu riesigen Dimensionen angewachsen. Die Malerei bringt
Vorstellungen über Raumverhältnisse und Entfernungen nur mit Hülfe
Perspective und Luftperspective zu Stande. Bei näheren Gegenständen,
das binoculare Sehen über die wirkliche Form der Körper genauere
schlüsse gibt, wird daher der plastische Effect malerischer Kunstwerke
öht, wenn man sie bloß mit einem Auge betrachtet. Ebenso lassen

---

1) Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2. Aufl. S. 188 ff.

die gewöhnlichen stereoskopischen Landschaftsphotographien, wenn man jedes einzelne Bild in gewöhnlicher Weise binocular betrachtet, oft nur sehr undeutlich die wahren Formverhältnisse erkennen. Der Effect erhöht sich schon sehr, wenn man das eine Auge schließt; er wird aber freilich noch viel größer, wenn man beide Bilder im Stereoskop combinirt. Dieser Versuch zeigt sehr augenfällig das Uebergewicht, welches das stereoskopische Sehen gegenüber jenen malerischen Hülfsmitteln der Raumanschauung besitzt.

Indem wir im allgemeinen nach den Regeln der Perspective und der Luftperspective die Raumverhältnisse der Gegenstände auffassen, folgen wir augenscheinlich dem Einflusse bestimmter Associationen. Dieser Einfluss lässt sich denn auch in vielen Fällen sehr bestimmt nachweisen. Es ist leicht zu beobachten, dass Kinder erst auf einer ziemlich fortgeschrittenen Entwicklungsstufe Größen und Entfernungen nach der Perspective unterscheiden. Namentlich über weit entfernte Gegenstände täuschen sie sich noch lange Zeit. Nur durch fortgesetzte Uebung gelangen wir also dazu, auch jenen Theilen des Gesichtsfeldes, welche nicht im Bereich der binocularen Tiefenauffassung gelegen sind, dieselbe Vielgestaltigkeit der Form zu geben, welche ursprünglich allein durch die stereoskopische Wahrnehmung erzeugt wird. Auch hier behält übrigens der Satz seine Gültigkeit, dass das Sehfeld immer eine Oberfläche ist, welche je nach der Wirkung der angeführten Einflüsse die mannigfaltigsten Gestalten annehmen kann. Nur in einem einzigen Fall könnte es scheinen, dass wir unmittelbar den Eindruck des Körperlichen empfangen, bei durchsichtigen Gegenständen nämlich, welche ihre in verschiedener Tiefenentfernung gelegenen Oberflächen gleichzeitig dem Beschauer darbieten. Die Vorstellung des Durchsichtigen bildet sich aber regelmäßig dann, wenn wir zweierlei Eindrücke auf unser Auge einwirken lassen, von denen die einen die Vorstellung eines näheren, die andern die eines entfernteren, doch in gleicher Richtung liegenden Objectes erwecken. In diesem Fall muss der Schein entstehen, als werde das zweite Object durch das erste hindurch gesehen. Dieser Schein tritt nicht bloß dann ein, wenn das erste Object wirklich durchsichtig ist, sondern auch, wenn dasselbe eine spiegelnde Oberfläche besitzt, so dass es das Bild eines andern Objectes zurückwirft. Man kann daher leicht auf folgendem Wege den Schein des Durchsichtigen erzeugen: man halte über ein horizontal liegendes schwarzes oder farbiges Papierstückchen a (Fig. 199) eine farblose schräg geneigte Glasplatte g, und lasse in dieser eine vertical gehaltene weiße Papierfläche c sich spiegeln, auf der irgend ein scharf begrenztes Object angebracht ist, z. B. ein kleineres farbiges Papierstückchen b. Gibt man der Glasplatte eine Neigung von 45°, so scheint dem Auge o

das Object b unmittelbar auf der Fläche a zu liegen, und es tritt eine einfache Mischempfindung ein. Vergrößert man nun den Winkel zwischen der Fläche c und der Glasplatte, indem man c in die Lage c' bringt, so scheint das Object b hinter a bei b' zu liegen; es entsteht daher die Vorstellung, a sei durchsichtig. Sobald man auf der Papierfläche c kein begrenztes Object anbringt, damit bei der Spiegelung kein Contur wahrgenommen, also auch kein bestimmtes Object vorgestellt werden kann, so hört die scheinbare Spiegelung auf, und es erfolgt bei allen Neigungen der Glasplatte einfache Mischempfindung. Anderseits macht das Object a bei diesen Versuchen um so vollständiger den Eindruck eines wirklichen Spiegels, je gleichmäßiger es ist. Dagegen wird dieser Eindruck gestört, wenn man Ungleichmäßigkeiten der Färbung oder eine Zeichnung anbringt, welche die Aufmerksamkeit auf sich lenkt. Das nämliche kann man auch erreichen, wenn man dem Object b verwaschene Conturen gibt, so dass die scheinbare Entfernung seines Bildes von a nicht deutlich bestimmt werden kann, oder wenn man bloß die weiße Papierfläche c sich spiegeln lässt, sie aber ungleichmäßig beleuchtet, so dass das Spiegelbild an verschiedenen Stellen ungleiche Helligkeit hat. In allen diesen Fällen tritt jene eigenthümliche Modification der Spiegelung ein, welche wir als Glanz bezeichnen. In der That beruhen die Erscheinungen des Glanzes stets auf der nämlichen Ursache. Wir nennen eine Oberfläche spiegelnd oder durchsichtig, wenn sie vollkommen deutliche Spiegelbilder entwirft, während wir doch an ihre Anwesenheit durch irgend welche Merkmale, z. B. durch greller beleuchtete und darum glänzende Stellen, erinnert werden. Wir nennen dagegen eine Oberfläche glänzend, wenn entweder das entworfene Spiegelbild an sich sehr undeutlich ist, oder wenn durch Ungleichheiten der spiegelnden Fläche die deutliche Auffassung des Spiegelbildes verhindert wird. Meistens treffen natürlich diese beiden Momente zusammen, da Ungleichheiten der spiegelnden Oberfläche, welche die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, in der Regel zugleich die Deutlichkeit des Spiegelbildes beeinträchtigen werden.

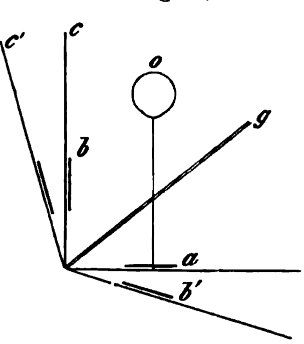


Fig. 199.

Die Erscheinungen der Spiegelung und des Glanzes lassen sich auch stereoskopisch hervorbringen; auf diese Weise sind sie zuerst von Dove beobachtet worden[1]). Wenn man ein weißes und ein schwarzes Quadrat

1) Dove, Berichte der Berliner Akademie, 1850, S. 152, 1851, S. 246. Darstellung der Farbenlehre. Berlin 1853, S. 166.

auf grauem Grunde stereoskopisch combinirt, so ist das Sammelbild nicht einfach grau, sondern es erscheint lebhaft glänzend. Das nämliche beobachtet man bei der Vereinigung verschiedener Farben. Bei den stereoskopischen Landschaftsphotographien ist nicht selten durch den auf solche Weise erzeugten Glanz der Effect außerordentlich erhöht. Namentlich spiegelnde Wasserflächen und Gletschermassen erscheinen so in vollkommener Naturwahrheit. Die Entstehung dieses stereoskopischen Glanzes erklärt sich daraus, dass bei spiegelnden Flächen, die sich in unserer Nähe befinden, leicht dem einen Auge das Spiegelbild sichtbar, dem andern verborgen sein kann. Mittelst der oben beschriebenen Versuche mit der spiegelnden Glasplatte lässt sich dies nachahmen, indem man derselben eine solche Neigung gibt, dass das Spiegelbild *b'* in Fig. 199 bei binocularer Betrachtung der Fläche *a* nur dem einen Auge sichtbar ist: es verschwindet dann die Glanzerscheinung augenblicklich, wenn man dieses Auge schließt[1]).

Wenn die Vorstellung der Durchsichtigkeit oder der Spiegelung entsteht, so sehen wir nun in Wirklichkeit nicht einen Körper, ja nicht einmal zwei hinter einander gelegene Oberflächen auf einmal, sondern gegen das Spiegelbild tritt, um so mehr je vollkommener die Spiegelung ist, die spiegelnde Oberfläche zurück. In dem Maße aber, als diese durch Ungleichheiten der Zeichnung oder der Erleuchtung selbständig die Aufmerksamkeit auf sich lenkt, verschwindet hinwiederum die Deutlichkeit des Spiegelbildes: es entsteht Glanz, der ganz und gar als eine Eigenschaft der zunächst gesehenen Oberfläche aufgefasst wird. So erfährt denn auch bei diesen Erscheinungen der Satz, dass unser Sehfeld stets eine Fläche ist, keine Ausnahme. Gerade der Glanz bietet eine augenfällige Bestätigung desselben. Denn Glanz tritt unter solchen Bedingungen ein, wo die Auffassung der spiegelnden Fläche und des hinter ihr gelegenen Spiegelbildes annähernd gleichmäßig begünstigt ist. Hier sollen wir also zwei Oberflächen in derselben Richtung sehen. Aber wir sind nicht im Stande dies in einer Vorstellung zu vereinigen; wir fassen daher das gespiegelte Licht nur als eine Modification der spiegelnden Fläche auf, die wir daneben doch in ihrer ursprünglichen Farbe und Helligkeit annähernd erkennen. Hierin eben besteht das Wesen des Glanzes, der demnach ebenso gut eine psychologische wie eine physikalische Erscheinung genannt werden kann[2]).

Zur Untersuchung der stereoskopischen Erscheinungen ist es für manche Zwecke unerlässlich, sich auf das Stereoskopiren ohne Stereoskop einzuüben. Es gelingt dies am besten, wenn man zunächst möglichst einfache

1) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 305 ff.

2) Zur Theorie des Glanzes vgl. meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 315 ff.

Objecte, z. B. zwei verticale Stäbe, nimmt, die man durch Kreuzung der Gesichtslinien bald vor bald hinter denselben zum Verschmelzen bringt. Hat man auf diese Weise gelernt, nach Willkür einen imaginären Blickpunkt zu wählen, so gelingt dann auch leicht die Combination einfacherer stereoskopischer Zeichnungen, wie der Fig. 187 oder 188 (S. 180 u. 182). Man erhält hierbei von jeder der beiden Zeichnungen Doppelbilder, die nach der auf S. 178 gegebenen Regel bei der Convergenz vor dem Object gleichseitig, bei der Convergenz hinter dem Object gekreuzt sind. Wenn man nun die beiden mittleren Halbbilder zur Verschmelzung bringt, so entspricht demnach bei der Convergenz hinter dem Object die rechts gelegene Zeichnung der Figg. 187 u. 188 dem Halbbild des rechten, die links gelegene dem des linken Auges, und umgekehrt bei der Convergenz vor dem Object. Man bemerkt daher, dass das Gesammtbild erhaben erscheint, die abgestumpfte Spitze dem Beobachter zugekehrt, wenn man die Zeichnungen durch Fixation eines hinter ihnen gelegenen Punktes zur Vereinigung bringt; dagegen kehrt sich das Relief um, das Bild erscheint vertieft, wenn man den Blickpunkt vor den Zeichnungen wählt. Es tritt hier derselbe Effect ein, den man durch Vertauschen der für das rechte und linke Auge bestimmten Bilder erhält. Um bei monentaner Erleuchtung durch den elektrischen Funken zu stereoskopiren, lässt man sich einen innen geschwärzten Kasten aus Holz oder Pappdeckel verfertigen, an dem sich auf der einen Seite zwei Löcher befinden, welche die Distanz der beiden Augen besitzen. Diesen Löchern gerade gegenüber ist ein Schieber angebracht, auf welchem die stereoskopischen Zeichnungen befestigt werden. Um vor eintretender Erleuchtung den Blickpunkt zu fixiren, ist die Mitte jeder Zeichnung sammt dem Schieber durchbohrt: die beiden auf diese Weise entstehenden Lichtpunkte müssen durch Convergenz vor oder hinter denselben verschmolzen werden. Außerdem ist die Hinterwand des Kastens zur Aufnahme elektrischer Leitungsdrähte durchbohrt. Die zwischen denselben überspringenden Funken sind dem Auge durch eine kleine Papierfläche verdeckt, welche auf der den Drähten zugekehrten Seite weiß gelassen ist, so dass sie das Licht nach den Zeichnungen hin reflectirt. Zur Erleuchtung wendet man die Funken der Elektrisirmaschine oder der secundären Spirale eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates an, die mit den Belegen einer Leydener Flasche verbunden werden[1]). Volkmann construirte, um die elektrische Erleuchtung zu ersparen, eine Fallvorrichtung, durch welche der Kasten auf sehr kurze Zeit dem Tageslicht geöffnet wurde; er hat diesen Apparat Tachistoskop genannt[2]).

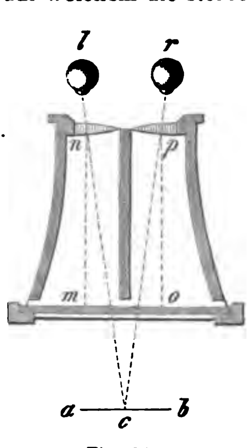


Fig. 200.

Für die meisten stereoskopischen Versuche ist das gewöhnliche, von Brewster zuerst angegebene Stereoskop ausreichend (Fig. 200). In demselben ist die Vereinigung der Bilder durch Prismen erleichtert, welche mit convexen

1) Vgl. Dove, Berichte der Berliner Akademie, 1841, S. 252. Helmholtz, Physiologische Optik, S. 567.

2) Volkmann, Berichte der kgl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig, 1850, S. 90.

Flächen versehen sind und daher zugleich vergrößern. Die von den Zeichnungen ausgehenden Strahlen *mn* und *op* werden durch die Prismen so gebrochen, dass sie die Richtungen *nl* und *pr* annehmen, welche sich in *c* schneiden; auf diesen Punkt stellt der Beobachter seine Gesichtslinien ein, und er glaubt daher das körperliche Bild in *ab* zu sehen. Will man das erhabene Relief in ein Hohlbild verwandeln, so muss man die beiden Zeichnungen aus einander schneiden und vertauschen. Für wissenschaftliche Zwecke verdient übrigens vor dem BREWSTER'schen Stereoskop das von WHEATSTONE ursprünglich construirte Spiegelstereoskop den Vorzug[1]). Dasselbe besteht aus zwei Spiegeln *ab* und *cd* (Fig. 201), deren Rückseiten einen Winkel von 90° mit einander bilden, $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ sind zwei Brettchen, vor welche den Spiegeln gegenüber die beiden Zeichnungen gelegt werden. Blickt nun das linke Auge in den Spiegel *ab*, das rechte in den Spiegel *cd*, so sieht man ein Bild, welches einem bei *mn* gelegenen Object anzugehören scheint. Da aber die Spiegel rechts in links verkehren, so müssen die Zeichnungen die entgegengesetzte Lage erhalten wie in dem Prismenstereoskop. Bei einer Lage, bei welcher sie in letzterem erhöhtes Relief zeigen, geben sie im Spiegelstereoskop vertieftes, und umgekehrt. Für physiologische Versuche ist es wünschenswerth, wenn man die Entfernung der Zeichnungen von den Spiegeln variiren kann. Zu diesem Zweck ist die Schraube *pp'* angebracht, durch deren

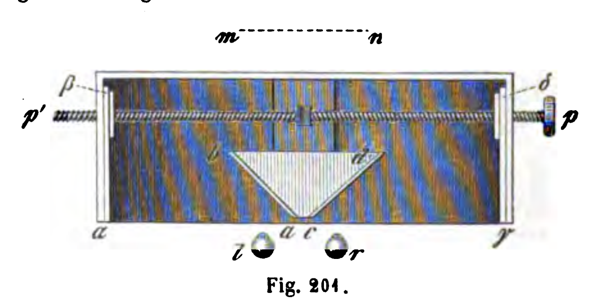


Fig. 201.

Anziehen die beiden Wände $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ den beiden Spiegeln um gleiche Größen genähert werden können. Außerdem kann man den Neigungswinkel der beiden Spiegel veränderlich machen[2]). Bringt man nun bei unveränderlichem Neigungswinkel der Spiegel die Zeichnungen in wechselnde Entfernungen von denselben, so bleibt die Convergenz der Gesichtslinien unverändert, aber die Größe der Netzhautbilder wächst, wenn man die Zeichnungen näher rückt, und sie nimmt ab, wenn man dieselben entfernt: dies erweckt den Schein, als ob der körperlich gesehene Gegenstand am selben Orte bleibe, aber abwechselnd größer und kleiner werde. Lässt man umgekehrt die Zeichnungen unverrückt, während der Neigungswinkel der Spiegel verändert wird, so verändert sich bei gleichbleibender Größe der Netzhautbilder die Convergenz der Gesichtslinien: wird der Winkel zwischen den Spiegeln stumpfer, so nimmt die Convergenz ab, wird der Winkel spitzer, so nimmt sie zu. Im ersten Fall vermehrt sich die scheinbare Entfernung der Bilder, im zweiten Fall vermindert sie sich. Hierbei bemerkt man dann stets, dass sich die scheinbare Größe des Gegenstandes im gleichen Sinne verändert, was der Erfahrung entspricht, dass bei

1) WHEATSTONE, POGGENDORFF's Annalen, Ergänzungsband 1842, S. 9.

2) Letzteres lässt sich auch dadurch ersetzen, dass man, wie es H. MEYER gethan hat, die Rahmen der beiden Zeichnungen in der Fläche drehbar macht. (POGGENDORFF's Annalen, LXXXV, S. 198.)

gleichbleibendem Gesichtswinkel ein Gegenstand um so größer erscheint, in je größere Entfernung wir ihn verlegen.

An den stereoskopischen Glanz reihen sich mehrere Erscheinungen, die, insofern sie auf die functionelle Beziehung der beiden Netzhäute zu einander Licht werfen, auch für die Theorie der binocularen Vorstellungen von Bedeutung sind, obgleich die meisten derselben nicht mehr dem Gebiet des natürlichen Sehens angehören, sondern sich nur künstlich durch stereoskopische Combination willkürlich gewählter Objecte hervorrufen lassen. Viele dieser Erscheinungen lassen sich mit dem Contrast, wie er sich bei den monocularen Lichtempfindungen geltend macht[1], in Analogie bringen; wir können sie daher als binocularen Contrast bezeichnen[2]. Wir haben gesehen, dass die Vorstellung von Spiegelung oder Glanz im allgemeinen dann entsteht, wenn beiden Augen Eindrücke von verschiedener Farbe oder Helligkeit dargeboten werden. Zugleich fordert aber diese Vorstellung zwei weitere Bedingungen; es müssen nämlich 1) die Eindrücke hinreichend verschieden sein, dass sie auf verschiedene Objecte, ein spiegelndes und ein gespiegeltes, bezogen werden können; und sie müssen 2) annähernd mit gleicher Intensität sich zur Wahrnehmung drängen. Ist die erstere Bedingung nicht erfüllt, bietet man z. B. Farben von sehr geringer Verschiedenheit, wie Orange und Gelb oder Blau und Violett u. s. w., so entsteht Mischung ohne Glanz. Ist die zweite Bedingung nicht erfüllt, so wird nur das eine Object aufgefasst, welches die Wahrnehmung stärker in Anspruch nimmt. Solches kann nun aber wieder von verschiedenen Ursachen abhängen. So kann das eine Object dadurch mehr gehoben sein, dass es mit dem Grund, auf welchem es liegt, stärker contrastirt als das andere: combinirt man z. B. ein dunkelrothes und ein hellgelbes Quadrat, beide auf weißem Grund, so wird durch den Contrast das Roth stärker gehoben, im Sammelbilde erscheint daher nur ein rothes Quadrat; legt man aber beide auf schwarzen



Fig. 202.

Grund, so wird das Gelb mehr gehoben, und jetzt hat das Sammelbild die gelbe Farbe. Auf der nämlichen Ursache beruht es, dass, wenn man einen begrenzten farbigen Streifen mit seinem andersfarbigen Grunde zur binocularen Deckung bringt, der Streifen unverändert erscheint, als ob ihm von der Farbe des Grundes nichts beigemischt wäre. Eine andere Form desselben Versuchs zeigt die Fig. 202, bei welcher im binocularen Sammelbild derjenige Theil der schwarzen Kreisfläche *B*, welche sich mit dem mittleren weißen Kreis von *A*

1) Vgl. I, S. 518 ff.

2) Vgl. meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 321 ff.

deckt, nicht glänzend erscheint, sondern vollkommen ausgelöscht wird. In Fig. 203 geben die Vierecke *A* und *B*, wenn man sie auf grauem Grunde combinirt, lebhaften Glanz; dieser verschwindet aber augenblicklich, wenn man, wie in *A'*, das weiße Viereck mit schwarzen Linien durchzieht: es nimmt dann das vereinigte Bild vollständig die Form *A'* an. Auch hier werden offenbar die kleinen weißen Vierecke in *A'* durch den Contrast mit ihren schwarzen Grenzlinien gehoben. Gibt man den beiden Objecten eine solche Beschaffenheit, dass sich ihre Conturen in größerem Abstande von einander befinden, so tritt nur eine partielle Verdrängung ein; es überwiegt dann in der Nähe jeder Grenzlinie derjenige Eindruck, welchem die betreffende Grenzlinie angehört. Bringt man z. B. die beiden schwarzen Kreise in Fig. 204 *A* so zur Deckung, dass der kleinere in die Mitte des größeren zu liegen kommt, so erscheint das Verschmelzungsbild *B*. Man erhält hierbei den Eindruck, als werde der kleinere Kreis sammt seiner nächsten Umgebung durch den größeren hindurch gesehen. Diese partielle Verdrängung führt also immer zur Vorstellung der Spiegelung und des Glanzes zurück. Die nämliche Erscheinung lässt sich auch in folgender Weise umkehren. Man blicke mit dem einen Auge durch eine offene Röhre



Fig. 203.

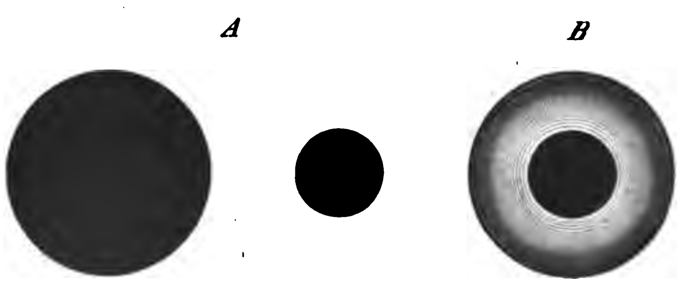


Fig. 204.

auf eine helle Fläche; mit dem andern Auge blicke man durch eine gleiche Röhre, die aber vorn bis auf eine kleine Oeffnung verschlossen ist. Man sieht dann im Sammelbild einen hellen Fleck umgeben von einem dunkeln Rand, welcher gegen die Peripherie hin allmählich heller wird. Aus dem Gesetz, dass Farben und Helligkeiten von geringer Verschiedenheit bei binocularer Vereinigung sich mischen, solche von großer Verschiedenheit aber sich ganz oder theilweise verdrängen, erklären sich endlich noch folgende Beobachtungen, auf welche Fechner aufmerksam machte[1]). Blickt man mit dem einen Auge frei in den Himmel, während das andere geschlossen ist, und bringt man dann vor dieses zweite Auge ein graues Glas, so wird, sobald man das geschlossene Auge öffnet, plötzlich das gemeinsame Gesichtsfeld verdunkelt. Diese Verdunkelung vermindert

1) Fechner, Abhandlungen der kgl. sächs. Ges. der Wiss. VII, 1860, S. 416.

sich aber, wenn man ein helleres graues Glas wählt; und sobald die zu dem verdunkelten Auge zugelassene Helligkeit $^{2}/_{100}$ bis $^{5}/_{100}$ der vorhandenen Lichtintensität erreicht hat, so nimmt von da an die scheinbare Helligkeit im gemeinsamen Gesichtsfeld nicht mehr ab sondern zu. Die Helligkeit des monocularen Sehens ist nur wenig geringer als die des binocularen, weil das ganz verdunkelte Sehfeld durch das erhellte verdrängt wird, gerade so wie die dunkle Mitte der Fig. 202 *B* durch den hellen Kreis in *A*. Bringen wir aber ein graues Glas vor das Auge, so tritt in Folge der verminderten Helligkeitsdifferenz nicht mehr Verdrängung, sondern Mischung ein; diese muss zunächst Abnahme der Helligkeit zur Folge haben, bis die Lichtintensität im verdunkelten Auge hinreichend angewachsen ist[1]).

Bei den bisherigen Erscheinungen hat es sich stets um binoculare Vorstellungen von bleibender Beschaffenheit gehandelt, ob sich dieselben nun aus den Eindrücken beider Augen zusammensetzten, oder aber mit vollständiger Verdrängung des einen Eindrucks verbunden waren. Dies wird wesentlich anders, wenn man solche Bedingungen herstellt, bei denen weder einfache Mischung noch Glanz oder Spiegelung eintreten kann, und bei denen zugleich keiner der monocolaren Eindrücke durch Contrast so sehr bevorzugt ist, dass er den andern verdrängt. In diesem Falle tritt ein Phänomen ein, welches man als Wettstreit der Sehfelder bezeichnet hat. Dieser besteht in einer eigenthümlichen Unruhe der Vorstellung, bei welcher abwechselnd das eine Bild das andere auslöscht, und wobei im Moment dieses Uebergangs nicht selten auch der Eindruck von Glanz entsteht. Einen auffallenden Wettstreit erhält man z. B., wenn man verschiedene Buchstaben, wie *B* und *C*, *A* und *F*, in großer Druckschrift stereoskopisch combinirt; hierbei löschen namentlich die sich durchkreuzenden Conturen der beiden Buchstaben einander abwechselnd aus. Das einfachste Beispiel dieser Verdrängung sich kreuzender Conturen gibt die Fig. 205. Hier bleiben, wenn man *A* und *B* stereoskopisch vereinigt,

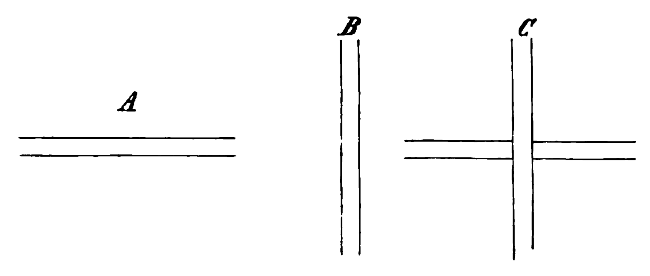


Fig. 205.

sowohl das verticale Linienpaar wie das horizontale bestehen, nur an der Durchkreuzungsstelle tritt abwechselnd das eine oder das andere in den Vordergrund; es entsteht also entweder ein Bild wie *C* oder wie die um 90° gedrehte Fig. *C*. Zieht man auf der einen Seite oder auf beiden mehrere parallele Linienpaare in größerem Abstande von einander, so zeigt sich, dass für alle in jedem Augenblick dieselbe Art der Verdrängung existirt; es treten also immer entweder die verticalen oder die horizontalen Linien an allen Kreuzungsstellen

1) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 355.

gleichzeitig hervor. Dasselbe bemerkt man bei der stereoskopischen Com-
bination der beiden absichtlich in ungleicher Höhe angebrachten Ringe *A* und *B*
in Fig. 206. Das Sammelbild zeigt entweder die unter *A* oder die unter *B*
gezeichnete Form: bei der ersteren überwiegen aber die verticalen, bei der

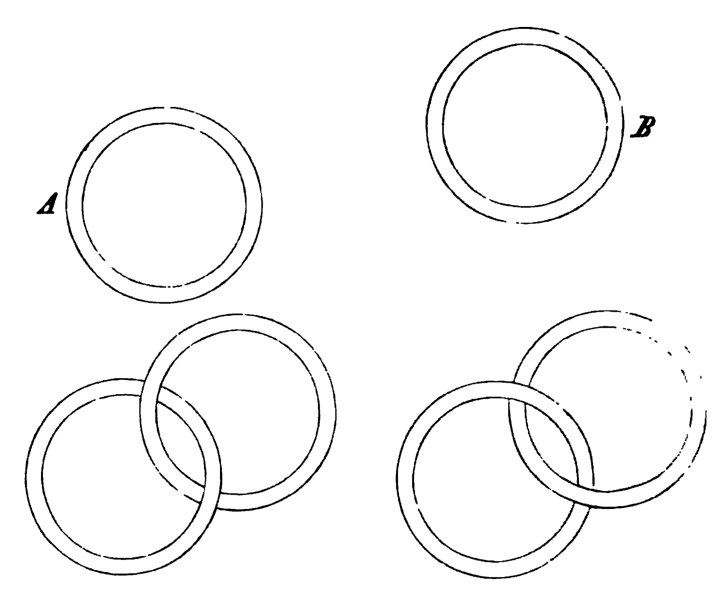


Fig. 206.

letzteren die horizontalen Conturen. Leichter ist es, ein Sammelbild festzu-
halten, in welchem beide Eindrücke unverändert fortbestehen, wenn, wie in
Fig. 207, in beiden Zeichnungen Linien von entgegengesetzter Richtung gezogen

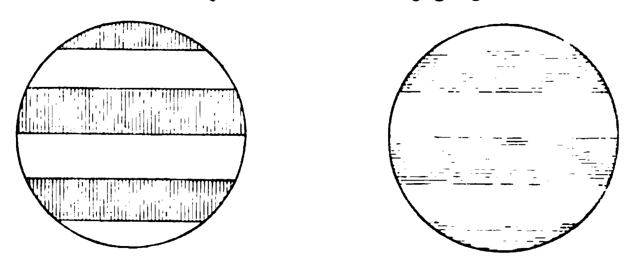


Fig. 207.

sind, welche sich aber nicht durchkreuzen. Dieses Beispiel steht gewisser-
maßen in der Mitte zwischen dem Fall, wo die Linien gleiche Richtung haben,
und demjenigen, wo sich Linien ungleicher Richtung durchkreuzen. Im ersten
Fall setzen sich die beiden monocularen Bilder zu einem ruhenden Gesammt-
bild zusammen, im zweiten tritt immer abwechselnde Verdrängung auf. In
Fig. 207 kann zeitweise ein zusammengesetztes Sammelbild erscheinen, zeit-
weise drängt sich aber das eine oder das andere Bild allein zur Vorstellung.

Dies ist offenbar, wie in Fig. 206, dadurch verursacht, dass bald die verticale bald die horizontale Linienrichtung bevorzugt wird. Hiermit lässt sich die Meinung, dass der Wettstreit durch die abwechselnde Aufmerksamkeit auf das eine oder andere Bild hervorgerufen werde, nicht wohl vereinbaren. Schon FECHNER hat bemerkt, dass, wenn die Aufmerksamkeit die Wettstreitsphänomene bestimme, dies immer nur insofern geschehe, als sie überhaupt eine Veränderung verursacht, ohne jedoch die Richtung der letzteren zu entscheiden[1]. Dagegen zeigt sich, dass die Augenbewegungen auf die Richtung des Wettstreits von wesentlichem Einflusse sind. Man ist im Stande bei den Figuren 205 bis 207 willkürlich die verticalen oder horizontalen Conturen im Sammelbilde hervortreten zu lassen, wenn man der Augenbewegung die entsprechende Richtung gibt; in Fig. 206 gehören dann die zur Erscheinung kommenden Conturen sogar verschiedenen monocularen Bildern an. Es ist also beim Wettstreit immer dasjenige Bild bevorzugt, dessen Conturen in gleicher Richtung mit der zufällig oder absichtlich gewählten Blickbewegung verlaufen[2]. Diese Thatsache bezeugt von einer neuen Seite her den wichtigen Einfluss, welchen die Bewegung des Auges auf die Gesichtswahrnehmung ausübt. Durch die Augenbewegungen kann endlich auch noch bei solchen Objecten, die sich ihrer Beschaffenheit nach eigentlich nicht zum Wettstreite eignen, dieser erscheinen. Bei farbigen Quadraten z. B., von denen bei vollständiger Deckung das eine durch Contrast das andere verdrängt, kann, sobald die Deckung etwas unvollständig wird, durch den Einfluss des Conturs stellenweise das zuerst verdrängte ausschließlich zur Wahrnehmung gelangen. So erklärt es sich, dass man früher den Wettstreit weit über das ihm eigentlich zukommende Gebiet ausdehnte. Man glaubte, bei der binocularen Combination nicht zusammen passender Objecte sei nur zweierlei möglich, entweder Mischung oder Wettstreit; wir haben aber gesehen, dass außerdem noch Glanz und vollständige Verdrängung vorkommen können, ja dass dieselben im ganzen die Normalfälle bilden. Die Mischung geht, sobald sich Helligkeit oder Farbenton der beiden Objecte nicht sehr nahe stehen, unmittelbar in Glanz über. Auch gleicht schon bei der Mischung in der Regel keineswegs vollständig die Empfindung derjenigen, welche bei der Mischung monocularer Eindrücke stattfindet, sondern es überwiegt, je nach dem Verhältniss der Objecte zu ihrem Grund, die eine oder andere Farbe oder Helligkeit, ein Beweis, dass es sich in Wirklichkeit nicht um eine einfache Mischung der Reize handelt. Die Grunderscheinungen für alle diese Fälle binocularer Farben- und Helligkeitsmischung sind die Spiegelung und der Glanz. Wir können uns vorstellen, bei der Mischung besitze das nach verschiedener Richtung gespiegelte Licht nur einen sehr geringen Helligkeits- oder Farbenunterschied: die stereoskopische Combination gibt hier in der That keinen andern Eindruck, als ihn ein Körper erwecken würde, der für beide Augen etwas verschieden beleuchtet wäre; es entsteht also im Grunde nur ein binocularer Glanz geringsten Grades. Bei der Verdrängung liegt derselbe Fall vor, wie er in Wirklichkeit bei der Betrachtung eines gespiegelten Gegenstandes stattfindet, der durch Farbe und Lichtstärke so sehr die Aufmerksamkeit auf sich zieht, dass die spiegelnde Fläche ganz übersehen wird. Was endlich die Wettstreitsphänomene betrifft,

1) A. a. O. S. 401.
2) WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 362.

mitbestimmendem Einflusse sind, und dass wir dagegen die Lage des tastenden Gliedes und demnach auch die Richtung, in welcher dasselbe bewegt wird, nur mittelst der Tast-, namentlich der Gelenkempfindungen auffassen[1]. Uebertragen wir dies auf das Auge, so wird anzunehmen sein, dass sich mit der Muskelempfindung, welche ein gegebener Netzhauteindruck im indirecten Sehfelde wachruft, immer zugleich die an die Bewegung des Auges gebundene Tastempfindung, welche von dem Druck auf die sensibeln Theile der Orbita herrührt, reproducirt. Die qualitativ gleichförmige Muskelempfindung wird auch hier erst durch die begleitende Tastempfindung in Bezug auf die Richtung der intendirten Bewegung bestimmt. Die Unsicherheit der reproducirten Empfindung im Vergleich mit dem unmittelbaren Eindruck erklärt die geringere Sicherheit der Größenabmessung. Die geringere Stärke der reproducirten Empfindung begründet die Neigung, bei ruhendem Auge die Dimensionen des Sehfeldes und die Größe eines Reliefs kleiner zu schätzen als bei der Bewegung. Mit der stärkeren Muskelempfindung ist im allgemeinen eine größere Lageabweichung des Augapfels verbunden. So begreift es sich, dass, wenn in Folge einer Parese eine gegebene Bewegung erschwert ist, die Lageänderung des Auges und so auch die Ausdehnung in der betreffenden Richtung überschätzt wird. Aber da bei wirklich ausgeführter Bewegung die Tastempfindungen allmählich der verschobenen Scala der Muskelempfindungen sich wieder anpassen, so ist anderseits die Ausgleichung solcher Störungen verständlich. Es ist wahrscheinlich, dass der Netzhautempfindung selbst, ebenso wie der Tastempfindung eine locale Färbung anhaftet, welche die Localisation unterstützen hilft. In der That lässt sich hierher wohl die Beobachtung beziehen, dass sich auf den Seitentheilen der Netzhaut die Qualität der Farbenempfindung und die Empfindlichkeit für Helligkeiten verändert[2]. Es lassen sich dann diese Localzeichen der Netzhaut einfach als zugehörig dem System peripherischer Sinnesempfindungen betrachten, welches neben den Bewegungsempfindungen zur räumlichen Ordnung erfordert wird. Namentlich wäre denkbar, dass mittelst jener retinalen Localzeichen die Entfernung der indirect gesehenen Punkte vom Netzhautcentrum genauer als mittelst der bloßen Tastempfindungen abgeschätzt würde. Denn obgleich die localen Empfindungsunterschiede der Netzhaut als solche immer erst in größeren Distanzen wahrnehmbar sind, so könnte es doch sein, dass schon unmerkliche Abstufungen derselben als Zeichen von Ortsunterschieden der gesehenen Objecte gebraucht werden, indem, ähnlich wie beim Tastsinn, die gewohnte Beziehung auf örtliche Verhältnisse die

---

1) Vgl. I, S. 426, und II, S. 23 ff.
2) Vgl. I, S. 371, 505.

8. Psychologische Entwicklung der Gesichtsvorstellungen.

Die Form, welche wir dem Sehfelde geben, die Richtung und Lage, die wir den einzelnen Objecten in demselben anweisen, sowie die Abmessung seiner Dimensionen sind abhängig von den Bewegungen des Auges. Erst das Doppelauge ist aber zur genaueren Auffassung der Tiefenentfernungen der Theile des Sehfeldes im Verhältniss zu einander und zum Sehenden befähigt; es vermittelt so jene Vielgestaltigkeit der Sehfeldfläche in der unmittelbaren Wahrnehmung, welche das monoculare Sehen erst in Folge secundärer Associationsbedingungen gewinnt.

Der Einfluss der Bewegungen bleibt auch für das ruhende Auge bestehen. Zwar sind die Wahrnehmungen desselben unbestimmter als diejenigen, welche in Folge der Bewegungen gewonnen werden, und überall wo wir nach einer deutlichen Auffassung streben, nehmen wir daher die Bewegung zu Hülfe; im ganzen aber bildet das ruhende Auge seine Vorstellungen nach Regeln, die den Bewegungsgesetzen gemäß sind, und von denen wir daher annehmen müssen, dass sie sich mit Hülfe der Bewegung erst festgestellt haben. Das ruhende Einzelauge misst vorher nie gesehene Objecte nach der Anstrengung ab, die zum Durchlaufen ihrer Dimensionen erforderlich ist; und das ruhende Doppelauge schätzt unmittelbar das Tiefenverhältniss indirect gesehener Punkte nach dem Lageverhältniss der ihnen entsprechenden Deckpunkte zum Blickpunkt. Aus dieser Thatsache folgt, dass an die Reizung eines jeden Netzhautpunktes eine Bewegungsempfindung gebunden sein muss, welche in Bezug auf Richtung und Umfang bestimmt ist. Zugleich zeigen die Beobachtungen über die Abmessung der Objecte und die Verschmelzung stereoskopischer Bilder bei momentaner Erleuchtung, dass diese Bewegungsempfindung in Bezug auf ihre Richtung bestimmter ist als hinsichtlich ihrer Größe. Denn die Richtung der Conturen im monocularen Sehen und die Richtung des Reliefs bei stereoskopischen Combinationen nimmt das ruhende Auge vollkommen sicher wahr. Die Vorstellungen über das Größenverhältniss der Dimensionen und über die Größe des Reliefs sind aber viel unsicherer; leicht treten daher auch bei starrer Fixation die Deckstellen des binocularen Sehfeldes, falls sie nicht correspondirende Punkte sind oder ihnen sehr nahe liegen, zu Doppelbildern aus einander. Nun haben uns die Erfahrungen am Tastorgan gelehrt, dass die Muskelempfindungen höchst wahrscheinlich nur die Vorstellung von der Kraft der Bewegung vermitteln, dass sie aber schon auf die Vorstellung vom Umfang derselben bloß von

Disposition zur unmittelbaren räumlichen Ordnung seiner Lichtempfindungen in die Welt mit. Mag aber auch deshalb die Zeit, die zwischen der Einwirkung der Netzhauteindrücke auf das Auge und der Bildung der Vorstellung verfließt, unter Umständen verschwindend klein sein, so ist doch ein bestimmter psychologischer Vorgang anzunehmen, der die Vorstellung erst verwirklicht. Für das Stattfinden eines solchen Vorgangs treten alle jene oben besprochenen Thatsachen überzeugend ein, welche gewisse erst in Folge der individuellen Function actuell werdende Empfindungen als die bestimmenden Momente der räumlichen Gesichtsvorstellungen erweisen. Der Process, durch den sich aus diesen Empfindungen die zusammengesetzte Vorstellung entwickelt, kann, wie bei den Tastvorstellungen, als eine Verschmelzung bezeichnet werden, weil das entstehende Product Eigenschaften zeigt, welche in dem sinnlichen Material, das zu seiner Bildung verwandt wurde, nicht unmittelbar enthalten sind. Diese Verschmelzung besteht wieder in einer Abmessung qualitativ veränderlicher peripherer Sinnesempfindungen durch die intensiv abgestuften Bewegungsempfindungen. Da jedes Auge nach zwei Hauptrichtungen gedreht werden kann (Hebung und Senkung, Außen- und Innenwendung), zwischen denen alle möglichen Uebergänge stattfinden, jeder Stellung aber ein bestimmter Complex von Tastempfindungen und Localzeichen der Netzhaut entspricht, so bilden diese zusammen ein qualitatives Localzeichensystem von zwei Dimensionen. Diese Dimensionen sind ungleichartig, weil nach jeder Richtung die Localzeichen in anderer Weise sich ändern. Indem nun die Bewegungsempfindungen, welche ein quantitatives Continuum von einer Dimension bilden, jenes ungleichartige Continuum der Localzeichen nach allen Richtungen ausmessen, führen sie dasselbe auf ein gleichartiges Continuum von zwei Dimensionen, also auf eine Raumoberfläche zurück. So entsteht das monoculare Sehfeld, als dessen Hauptpunkt vermöge der Beziehung der Bewegungsempfindungen und Localzeichen auf das Netzhautcentrum der Blickpunkt erscheint, und dessen allgemeinste Form wegen der Verschiebungen des Blickpunktes bei der Bewegung die um den Drehpunkt des Auges gelegte Kugeloberfläche ist. Dabei ist aber die Entfernung des Blickpunktes vom Sehenden, also der Halbmesser des kugelförmigen Sehfeldes, im monocularen Sehen nur durch den jeweiligen Accommodationszustand einigermaßen limitirt. Eine festere Bestimmung erfolgt erst im binocularen Sehen in Folge des Gesetzes, dass beide Augen stets einen gemeinsamen Blickpunkt besitzen. Als allgemeinste Form des Sehfeldes kann hier wieder eine Kugeloberfläche angesehen werden, deren Centrum dem Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen den Drehpunkten beider Augen entspricht. Zugleich wird aber die Form des Sehfeldes eine wechselndere, indem der gemeinsame Blickpunkt Oberflächen von der

Ursache ist, dass wir die zu Grunde liegende qualitative Differenz übersehen. Dagegen ist es zweifelhaft, ob die Richtungen des Sehens vermittelst der Netzhautempfindungen zu unterscheiden sind. Denn es ist nicht nachweisbar, dass die letzteren nach den einzelnen Meridianen in verschiedenem Sinne sich ändern, während wir mittelst der Tastempfindungen im Stande sind genau die Richtung aufzufassen, in welcher das Auge bewegt wird. Ebenso wissen wir durch dieselben, wie es scheint, ob sich das rechte oder linke Auge bewegt; es ist daher wahrscheinlich, dass auch bei Eindrücken auf das ruhende Doppelauge mittelst der Localzeichen des Tastsinns die Beziehung der Bildunterschiede in beiden Augen auf die Tiefeneigenschaften der Objecte zu Stande kommt, wobei wir uns, wie überall bei solchen Verschmelzungen, nicht der subjectiven Unterschiede selbst, sondern nur der objectiven Eigenschaften, deren Wirkungen sie sind, bewusst werden. Die Beziehung dieser Wirkungen auf ihre objectiven Ursachen geschieht stets in der richtigen Weise, wie aus der sicheren Unterscheidung des erhabenen und vertieften Reliefs hervorgeht. In Fig. 188 (S. 182) sehen wir den Kegel nie anders als erhaben, ebenso bei der Vertauschung der Bilder vertieft. Wären aber die Localzeichen der beiden Augen nicht von einander verschieden, so könnten diese zwei Fälle in der Vorstellung nicht getrennt werden. Das nämliche gilt von der Richtung, welche wir den Conturen im Sehfelde anweisen, speciell also auch von der Regel, dass wir die Objecte aufrecht sehen, gemäß ihrer wirklichen Lage im Raume, nicht verkehrt, wie das Netzhautbild sie darstellt. Indem wir den Gegenstand von seinem oberen bis zu seinem unteren Ende mit dem Blick verfolgen, muss sich die Vorstellung bilden, dass sein oberes Ende unserm Kopf, sein unteres unseren Füßen in seiner Lage entspreche.

So ist denn die Gesichtsvorstellung im wesentlichen auf denselben Process zurückzuführen, der die räumliche Ordnung der Tastempfindungen vermittelt [1]. Die Netzhautempfindungen verschmelzen mit Tast- und Bewegungsempfindungen zu untrennbaren Complexen. Was aber die Gesichtsvorstellungen auszeichnet, ist die Beziehung jener Empfindungscomplexe auf einen einzigen Punkt, das Netzhautcentrum. Dieses Verhältniss zum Blickpunkt, welches die genaue Ausmessung des Sehfeldes wesentlich unterstützt und die functionelle Verbindung der beiden Augen zum Doppelauge erst möglich macht, wurzelt in den Bewegungsgesetzen, unter denen namentlich das Gesetz der Correspondenz von Apperception und Fixation hier von entscheidender Bedeutung ist. (Vgl. S. 121 ff.) Insofern die Bewegungsgesetze in einem angeborenen centralen Mechanismus präformirt sind, bringt das Individuum eine vollständig entwickelte

[1] Vgl. Cap. XI, S. 32 ff.

Disposition zur unmittelbaren räumlichen Ordnung seiner Lichtempfindungen in die Welt mit. Mag aber auch deshalb die Zeit, die zwischen der Einwirkung der Netzhauteindrücke auf das Auge und der Bildung der Vorstellung verfließt, unter Umständen verschwindend klein sein, so ist doch ein bestimmter psychologischer Vorgang anzunehmen, der die Vorstellung erst verwirklicht. Für das Stattfinden eines solchen Vorgangs treten alle jene oben besprochenen Thatsachen überzeugend ein, welche gewisse erst in Folge der individuellen Function actuell werdende Empfindungen als die bestimmenden Momente der räumlichen Gesichtsvorstellungen erweisen. Der Process, durch den sich aus diesen Empfindungen die zusammengesetzte Vorstellung entwickelt, kann, wie bei den Tastvorstellungen, als eine *Verschmelzung* bezeichnet werden, weil das entstehende Product Eigenschaften zeigt, welche in dem sinnlichen Material, das zu seiner Bildung verwandt wurde, nicht unmittelbar enthalten sind. Diese Verschmelzung besteht wieder in einer Abmessung qualitativ veränderlicher peripherer Sinnesempfindungen durch die intensiv abgestuften Bewegungsempfindungen. Da jedes Auge nach zwei Hauptrichtungen gedreht werden kann (Hebung und Senkung, Außen- und Innenwendung), zwischen denen alle möglichen Uebergänge stattfinden, jeder Stellung aber ein bestimmter Complex von Tastempfindungen und Localzeichen der Netzhaut entspricht, so bilden diese zusammen ein qualitatives Localzeichensystem von zwei Dimensionen. Diese Dimensionen sind ungleichartig, weil nach jeder Richtung die Localzeichen in anderer Weise sich ändern. Indem nun die Bewegungsempfindungen, welche ein *quantitatives* Continuum von einer Dimension bilden, jenes ungleichartige Continuum der Localzeichen nach allen Richtungen ausmessen, führen sie dasselbe auf ein *gleichartiges* Continuum von zwei Dimensionen, also auf eine *Raumoberfläche* zurück. So entsteht das *monoculare Sehfeld*, als dessen Hauptpunkt vermöge der Beziehung der Bewegungsempfindungen und Localzeichen auf das Netzhautcentrum der *Blickpunkt* erscheint, und dessen allgemeine Form wegen der Verschiebungen des Blickpunktes bei der Bewegung die um den Drehpunkt des Auges gelegte Kugeloberfläche ist. Dabei ist aber die Entfernung des Blickpunktes vom Sehenden, also der Halbmesser des kugelförmigen Sehfeldes, im monocularen Sehen nur durch den jeweiligen Accommodationszustand einigermaßen limitirt. Eine festere Bestimmung erfolgt erst im binocularen Sehen in Folge des Gesetzes, dass beide Augen stets einen gemeinsamen Blickpunkt besitzen. Als allgemeinste Form des Sehfeldes kann hier wieder eine Kugeloberfläche angesehen werden, deren Centrum dem Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen den Drehpunkten beider Augen entspricht. Zugleich wird aber die Form des Sehfeldes eine wechselndere, indem der gemeinsame Blickpunkt Oberflächen von d

verschiedensten Form durchwandern kann. Demnach wird auch die Verbindung der Localzeichensysteme beider Augen mit den Bewegungsempfindungen des Doppelauges eine variable. Es kann z. B. ein Localzeichen a des rechten Auges mit einem Zeichen a' des linken sich verbinden, wo beide einem Punkt 10° nach links vom Blickpunkt entsprechen. An diese Verbindung aa' wird dann eine Bewegungsempfindung des Doppelauges von 10° geknüpft sein. Es kann sich aber auch das Zeichen a etwa mit einem andern α' verbinden, welches einem nur um 5° links gelegenen Punkte zugehört: dann wird der Verbindung $a\alpha'$ eine andere Bewegungsempfindung entsprechen, welche aus Linkswendung und Convergenz zusammengesetzt ist. Bezeichnen wir den Abstand eines jeden Netzhautpunktes vom Netzhauthorizont als Höhenabstand, denjenigen vom verticalen Netzhautmeridian als Breitenabstand, so sind demnach im allgemeinen nur die Localzeichen von Punkten, die gleichen Höhenabstand haben, einander zugeordnet, dagegen können die Breitenabstände derjenigen Punkte, deren Localzeichen sich verbinden, bedeutend wechseln, und jedesmal verändert sich damit auch die Bewegungsempfindung des Doppelauges. Welche Verbindung wirklich stattfindet, darüber entscheidet im allgemeinen der Lauf der Fixationslinien im gemeinsamen Sehfeld (S. 181). Es werden also diejenigen Punkte einander zugeordnet, welche objectiv übereinstimmende Merkmale erkennen lassen, wobei jedoch durch die normalen Bedingungen des Sehens gewisse Grenzen gezogen sind, und sich überdies die Localzeichen jener Punkte, die der gewöhnlichen Form des Sehfeldes entsprechen, leichter als andere mit einander verbinden. Demnach handelt es sich hier um eine complicirtere Verschmelzung. Wir können uns dieselbe der Anschaulichkeit halber in zwei Acte zerlegen: in einen ersten, durch welchen mittelst Localzeichen und Bewegungsempfindung des ersten Auges die Lage eines gegebenen Punktes a im Verhältniss zum Blickpunkt, und in einen zweiten, durch welchen dann beim Hinzutritt des zweiten Auges erst die Lage des Blickpunktes sowohl wie des Punktes a im Verhältniss zum Sehenden festgestellt wird. Denken wir uns das monoculare Sehfeld als eine Ebene, so können nun durch den Hinzutritt des zweiten Auges beliebige Theile des Sehfeldes aus der Ebene heraustreten. Diese geht in eine anders geformte, nach den speciellen Bedingungen des Sehens wechselnde Oberfläche über. Geometrisch ist im monocularen Sehen nur eine einzige Oberfläche möglich, weil sich mit den nach zwei Dimensionen geordneten Localzeichen die Bewegungsempfindungen nur eindeutig verbinden lassen. Als binoculares Sehfeld ist eine beliebig gestaltete Oberfläche denkbar, weil sich mit den Elementen, die das eine Auge zur Messung liefert, diejenigen des andern in variabler, also vieldeutiger Weise verbinden können. Denken wir uns, um dies durch

bei der Bewegung des Auges gewonnenen Anschauungen nahe gelegener Objecte aushelfen müssen. Es ist daher zu vermuthen, dass in solchen Fällen auch die aus Perspective und Schattirung entstandene Vorstellung der körperlichen Oberfläche nicht die Lebendigkeit erlangt, welche beim binocularen Sehen in Folge der Association mit der unmittelbaren Tiefenanschauung des Doppelauges möglich ist.

Ueber die Bildung der Gesichtsvorstellungen stehen eine nativistische und eine genetische Ansicht einander gegenüber[1]) Von den älteren Philosophen und Physiologen werden beide meistens noch nicht streng gesondert. Gewisse Eigenschaften der Gesichtsvorstellung, wie die räumliche Ordnung der Empfindungen überhaupt, die Wahrnehmung der Richtung der Objecte, werden als angeboren, andere, wie die Auffassung der Entfernung und Größe, als durch Erfahrung erworben betrachtet. Es hängt dies mit der schon von Cartesius[2]) sehr bestimmt ausgesprochenen Meinung zusammen, dass der Raum ein Bestandtheil unserer Wahrnehmung sei, welchem allein eine objective Wahrheit zukomme, während Licht, Farbe, überhaupt die Qualität der Empfindung als eine dunklere oder, wie es Locke[3]) zuerst ausdrückte, als eine bloß subjective Eigenschaft der Vorstellung angesehen werden. In einer geläuterten Form tritt uns dieselbe Ansicht in Kant's Lehre von den Anschauungsformen entgegen. (Vgl. S. 41.) Durch sie angeregt stellte J. Müller den Satz auf, wir empfänden nicht nur unsere eigene Netzhaut unmittelbar in räumlicher Form, sondern die Größe des Netzhautbildes sei sogar die ursprüngliche Maßeinheit für die Abmessung der Gesichtsobjecte[4]). Uebereinstimmend liegende Punkte beider Netzhäute sind nach ihm einem einzigen Raumpunkte gleichwerthig; er führt dies auf das Chiasma der Sehnerven zurück, in welchem sich je eine Opticusfaser in zwei zu identischen Punkten verlaufende Fäden spalten soll[5]). Hiernach ist das ursprüngliche Sehen immer nur ein flächenhaftes, die Vorstellung über die verschiedene Entfernung der Objecte, die davon abhängige scheinbare Größe derselben sowie die Tiefenwahrnehmung sind daher nicht angeboren, sondern erst durch Erfahrung erworben[6]). Noch größere Zugeständnisse machte Volkmann dieser letzteren, indem er zwar die Ursprünglichkeit der reinen Raumanschauung annahm, aber sogar die Vorstellung über die Richtung der Gegenstände und das Aufrechtsehen aus der Erfahrung ableitete, wobei er den Muskelempfindungen einen wichtigen Einfluss zuwies[7]). In Bezug auf das Doppelauge hielt er aber trotz der mittlerweile geschehenen Entdeckung des Stereoskops durch Wheatstone an der Identitätslehre fest[8]).

---

1) Vgl. S. 33. Eine andere Classification der Wahrnehmungstheorien, welche vorzugsweise von den bei der Bildung der Vorstellungen angenommenen Processen ausgeht, hat, speciell mit Rücksicht auf die Gesichtswahrnehmungen, C. Ueberhorst gegeben. (Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung. Göttingen 1876, S. 127.)

2) Principes de la philosophie, II. Oeuvres publ. par Cousin, t. III, p. 120.

3) Essay on human understanding. Book II, Chap. VIII, § 9 f.

4) J. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns, S. 56.

5) Ebend. S. 71 f.

6) J. Müller, Handbuch der Physiologie, II, S. 361.

7) Volkmann, Art. Sehen in Wagner's Handwörterbuch, III, 1, S. 316, 340 f.

8) Ebend. S. 317. Archiv f. Ophthalmologie, V, S. 86.

ihrer Aufgabe genügt, wenn sie nicht diesen beiden Einflüssen ihre Stellen einräumt. Dies vorausgesetzt, ist dann die Rückbeziehung der mehrfachen Ausdehnung des Systemes der Localzeichen auf die mehrfache Ausdehnung des Raumes und anderseits der gleichförmigen Intensitätsabstufung der Muskelempfindungen auf die Gleichartigkeit der räumlichen Dimensionen ein naheliegender Gedanke, der nicht von dem Anspruche den Raum erzeugen zu wollen, sondern lediglich von der Voraussetzung ausgeht, dass auch auf psychischem Gebiet die Eigenschaften eines Productes Beziehungen darbieten müssen zu den Eigenschaften der Factoren, die bei der Entstehung desselben wirksam sind[1]).

Neben denjenigen Elementen, welche die ursprüngliche Verschmelzung der Empfindungen erzeugen, sehen wir endlich die Gesichtsvorstellung noch von einer Reihe anderer Einflüsse abhängig, die sich schon durch ihren späteren Eintritt im Laufe des Lebens sowie durch größere Wandelbarkeit als Bestimmungsgründe secundärer Art verrathen. Hierher gehören die Einflüsse der Perspective und Luftperspective, zufällig oder absichtlich wachgerufener Vorstellungen u. dergl. In allen diesen Fällen handelt es sich um eine Veränderung der Vorstellung durch losere und darum wechselndere Associationen. So ist es ein deutlicher Fall solcher Associationen, wenn wir in Fig. 197 S. 200 die an sich zweideutige Zeichnung nach dem Hinzufügen einer die Stufen hinaufsteigenden menschlichen Figur als Treppe auffassen. Die ursprüngliche Wahrnehmung enthält hier noch gar keine körperliche Vorstellung. Jener folgend müssten wir die Zeichnung als das auffassen was sie ist, als eine Zeichnung in der Ebene. Führen wir aber keine feste Association ein, wie dies durch Hinzufügung des hinaufsteigenden Menschen geschieht, so knüpfen sich an ein derartiges Bild unwillkürlich Associationen mit verschiedenen früher gehabten Vorstellungen. Hier kann nun in unserem Beispiel die Association eine doppelte sein, indem sie sich bald an die Vorstellung der Treppe bald an die des überhängenden Mauerstücks heftet. Ebenso erscheint eine ferne Gegend oder ein Gemälde in der ursprünglichen Verschmelzung der Empfindungen als ebene Zeichnung ohne alles Relief. Nun kommen aber die Unterschiede der Schattirung und der Lauf der Conturen, welche die Perspective begründen, schon bei näheren Gegenständen vor, bei denen uns gleichzeitig die Verschmelzung der Empfindungen des Doppelauges eine Vorstellung ihrer körperlichen Form verschafft: auch hier stellen wir uns daher die ebene Zeichnung durch Association mit solchen Erinnerungsbildern körperlich vor. Wo das Sehen von Anfang an nur monocular sich ausbildet, da wird wohl die Association mit Tastvorstellungen und mit den

---

1) Vgl. hierzu die Bemerkungen auf S. 45 f.

stände einfach sehen, welche auf nicht-identischen Punkten sich abbilden. Zur Beseitigung dieser Schwierigkeit hat man verschiedene Hülfshypothesen ersonnen. Brücke[1]) nahm an, dass sich die Verschmelzung in Folge von Augenbewegungen vollziehe, bei denen der Fixationspunkt über die verschiedenen Punkte eines Objectes hinwandere, während zugleich die Undeutlichkeit der indirect gesehenen Theile mitwirke. Diese Hypothese wurde aber durch die zuerst von Dove[2]) ausgeführten Versuche widerlegt, welche zeigten, dass eine Verschmelzung stereoskopischer Objecte auch noch bei der instantanen Erleuchtung durch den elektrischen Funken geschehen kann. Volkmann[3]) nahm unbestimmtere psychische Thätigkeiten, theils die Unaufmerksamkeit auf Doppelbilder theils die Erfahrung über die thatsächliche Einfachheit der Objecte, zu Hülfe. Dabei wurde aber von ihm der Einfluss der Tiefenvorstellung gar nicht berücksichtigt, während doch, sobald diese vorhanden ist, auch bei der größten Aufmerksamkeit eine Verschmelzung eintreten kann. Die Erfahrung über die reale Einheit der Objecte hilft uns ferner, wo sonst die Bedingungen zu Doppelbildern gegeben sind, niemals zur Verschmelzung. An dem entgegengesetzten Uebelstand leidet die Projectionshypothese. Sie vermag die binocularen Doppelbilder nicht zu erklären. Wenn die Bilder nach den Richtungsstrahlen oder nach den von diesen sehr wenig abweichenden Visirlinien verlegt würden, so müssten wir eigentlich alles einfach sehen, da die einem leuchtenden Punkt entsprechenden Richtungsstrahlen stets in diesem Punkte sich schneiden. In der That ist nun beim gewöhnlichen Sehen die einfache Wahrnehmung so sehr vorherrschend, dass noch neuerlich Donders[4]) die Projectionshypothese in etwas limitirter Form, als einen wenigstens für die Mehrzahl der Fälle richtigen Ausdruck der Erscheinungen, vertheidigt hat. In anderer Weise suchte Nagel[5]) die Schwierigkeiten dieser Hypothese zu beseitigen. Er nimmt eine unabhängige Projection der beiden Netzhäute auf zwei verschiedene Kugelflächen an, die sich im Fixationspunkte schneiden und beim Sehen in unendliche Ferne in eine einzige Ebene übergehen. Dabei hat aber Nagel zugleich den Standpunkt der nativistischen Theorien verlassen, indem er die Projection nach den Visirlinien mittelst der Muskelempfindungen zu Stande kommen lässt und entschieden gegen die Identitätshypothese auftritt, die übrigens auch bei der nativistischen Form der Projectionstheorie nicht aufrecht erhalten werden kann, obzwar man sich über diese Unverträglichkeit beider nicht immer klar gewesen ist. Die Nagel'sche Theorie gibt nun im allgemeinen über die Entstehung der Doppelbilder Rechenschaft, doch steht sie mit der Thatsache in Widerspruch, dass das binoculare Sehfeld in Wirklichkeit eine außerordentlich wechselnde Form hat, dass aber auch die häufigste Form, die dasselbe besitzt, für beide Augen eine gemeinsame Projectionsoberfläche darstellt, die in ihrem oberen Theil einer Kugeloberfläche, in ihrem untern der scheinbar ansteigenden Fußbodenebene zugehört (S. 186). Demgemäß stimmt die nach der Nagel'schen Hypothese berechnete Lage der Doppelbilder für die meisten Fälle nicht genau mit der wirklichen Anschauung überein.

---

1) Müller's Archiv, 1841, S. 459.
2) Berichte der Berliner Akademie, 1841, S. 252.
3) Archiv f. Ophthalmologie, V, 2, S. 86.
4) Archiv f. Ophthalmologie, XVII, 2, S. 7 ff.
5) Das Sehen mit zwei Augen, S. 5, 99 ff.

Da die subjective Identitätshypothese zwar im allgemeinen über die Erscheinungen des Doppelsehens, nicht aber über die Verschmelzung der Doppelbilder und die Tiefenwahrnehmung, die Projectionshypothese über die letztere, dagegen nicht in zureichender Weise über die Doppelbilder Aufschluss gab, so suchte man in neuerer Zeit der nativistischen Theorie eine Form zu geben, in welcher sie wo möglich diesen beiden Ansprüchen gerecht werde. Alle diese Versuche gehen von der subjectiven Identitätshypothese aus. Sie nehmen an, dass ursprünglich und vorzugsweise nur Eindrücke identischer Stellen einfach empfunden werden; sie suchen dann aber andere, ebenfalls angeborene Hülfseinrichtungen zu ersinnen, welche unter Umständen auch die Verschmelzung nicht-identischer Eindrücke und die Tiefenvorstellung vermitteln könnten. Hier begegnet uns also der Versuch, die nativistische Theorie zugleich consequenter auszubilden, indem man nicht nur die ursprüngliche Ordnung des flächenhaften Sehfeldes, sondern auch das Entfernungsverhältniss der Raumpunkte zum Sehenden aus angeborenen Energien ableitet. So nahm Panum an, jedem Punkte der einen Netzhaut sei nicht bloß ein identischer Punkt, sondern ein correspondirender Empfindungskreis der andern zugeordnet. Mit identischen Punkten müsse, mit correspondirenden könne einfach gesehen werden, von der Parallaxe der verschmelzenden nicht-identischen Punkte sei aber das »Tiefengefühl« abhängig. Neben diesem, das er als Synergie der binocularen Parallaxe bezeichnet, nimmt Panum noch eine binoculare Energie der Farbenmischung und eine ebensolche des Alternirens der Empfindungen an; die Begrenzungslinien werden von ihm als Nervenreize betrachtet, welche die verschiedenen Energien vorzugsweise leicht wachrufen [1]). In dieser Theorie ist einfach jede Erscheinung auf eine ursprüngliche Eigenschaft der Netzhaut zurückgeführt. Wer also die Annahme nicht scheut, dass die Netzhaut mit sehr mannigfaltigen und verwickelten Fähigkeiten ausgestattet sei, könnte sie immerhin als einen Ausdruck der Thatsachen gelten lassen. Nun trifft es sich aber, dass die verschiedenen Energien, die Panum vorraussetzt, mit einander in Widerspruch stehen: so die der Farbenmischung mit der des Alternirens der Eindrücke, so ferner die Verschmelzung identischer Punkte, welche, wie Panum sagt, eintreten muss, mit der Verschmelzung nicht-identischer vermöge der Synergie der binocularen Parallaxe. Uebrigens hat Panum das Verdienst auf die Bedeutung der dominirenden Linien im Sehfelde eindringlich hingewiesen zu haben, eine Bedeutung, welche denselben, wie wir gesehen haben, hauptsächlich dadurch zukommt, dass sie Fixationslinien abgeben, auf denen sich der Blickpunkt bewegen kann (S. 181 f.). Weiter gebildet in der von Panum eingeschlagenen Richtung wurde die nativistische Theorie durch Hering. Derselbe nimmt an, dass jeder Netzhauteindruck drei verschiedene Arten von »Raumgefühlen« mit sich führe: ein Höhen-, Breiten- und Tiefengefühl. Die beiden ersten bilden zusammen das Richtungsgefühl für den Ort im gemeinsamen Sehfeld, sie sind für je zwei identische Punkte von gleicher Größe. Das Tiefengefühl dagegen hat für je zwei identische Punkte gleiche Werthe von entgegengesetzter Größe, so dass denselben der Tiefenwerth null entspricht. Alle Bildpunkte, die diesen Tiefenwerth null haben, erscheinen durch einen unmittelbaren Act der Empfindung in einer Ebene, der Kernfläche des Sehraumes.

1) Panum, Ueber das Sehen mit zwei Augen. Kiel 1858, S. 59, 82 f.

Auf symmetrisch gelegenen Netzhautpunkten dagegen haben die Tiefengefühle gleiche und gleichsinnige Werthe, und zwar sind die letzteren positiv für die äußeren Netzhauthälften, d. h. ihre Bildpunkte liegen hinter der Kernfläche, sie sind negativ für die inneren Netzhauthälften, ihre Bildpunkte liegen vor der Kernfläche. Hierzu fügt dann auch HERING die Annahme, dass ursprünglich nur die Eindrücke identischer Punkte einfach empfunden werden, und dass sie fortwährend einfach empfunden werden müssen; die Verschmelzung nicht-identischer Punkte leitet er aus psychologischen Ursachen, insbesondere aus der Unaufmerksamkeit auf die verschiedene Größe der Tiefengefühle ab. Wir sollen dann, wo eine solche Verschmelzung disparater Bilder eintritt, diese nach ihrem mittleren Tiefengefühl localisiren. Auf diese Weise erklärt HERING die stereoskopischen Erscheinungen. Die Kernfläche des Sehraumes, welche der Ausgangspunkt für alle weiteren Ortsbestimmungen ist, soll ursprünglich nur in unbestimmte Entfernung versetzt und dann erst unter dem Einfluss der Erfahrung in bestimmtere Beziehung zum Sehenden gebracht werden[1]). Auch in diesen Theorien liegt wieder der Widerspruch, dass wir nach ihnen mit identischen Stellen einfach sehen müssen, während doch zugegeben wird, dass man unter Umständen auch mit disparaten Punkten einfach sehen kann. Consequenterweise würde dies dahin führen, dass wir je einen Punkt der einen Netzhaut gleichzeitig mit zwei der andern verschmelzen können. Um dies zu vermeiden, nimmt man Unaufmerksamkeit, ungenaue Fixation und dergl. zu Hülfe, ohne Rücksicht darauf, dass bei Ausschluss jeder Augenbewegung die Verschmelzung eintritt, sobald nur die Tiefenvorstellung sich vollzieht, und dass dagegen, wenn diese nicht zu Stande kommt, unter allen Umständen die Doppelbilder erscheinen. Die Bewegung unterstützt also offenbar nur deshalb die Verschmelzung, weil sie die Ausbildung der Tiefenvorstellung begünstigt. Die große Reihe von Erfahrungsbelegen, welche den Einfluss der Bewegung auf die Ausmessung des Sehfeldes darthun, lässt diese Theorie ganz unberücksichtigt oder bringt dafür höchst gezwungene Erklärungen, wie z. B. die von HERING und KUNDT aufgestellte Sehnentheorie (S. 152). HERING's Behauptung, dass alle Bildpunkte identischer Stellen in einer Ebene erscheinen, widerspricht der Beobachtung. Wäre sie richtig, so müsste z. B. eine Cylinderfläche, die im Horizontalhoropter gelegen ist (S. 190), als Ebene erscheinen: dies ist aber durchaus nicht der Fall, sondern man erkennt sehr deutlich ihre cylindrische Wölbung. Nicht minder widersprechen HERING's Aufstellungen über die Tiefengefühle der Beobachtung. Es müssten z. B. die Doppelbilder eines seitlich und in anderer Entfernung als der Fixationspunkt gelegenen Objectes einen verschiedenen Tiefenwerth haben, das eine müsste vor, das andere hinter dem Fixationspunkte erscheinen. HERING selbst gesteht zu, dass dies in der Regel

1) HERING, Beiträge zur Physiologie. Leipzig 1861—64, S. 159, 289, 323 ff. Raumsinn des Auges, in HERMANN's Handbuch der Physiol. III, 1, S. 386 ff. Eine von C. STUMPF entwickelte Hypothese trifft in Bezug auf die ursprünglichen Raumempfindungen der Netzhaut mit HERING's Ansichten nahe zusammen. Doch setzt STUMPF keine einfache Kernfläche des Sehraumes, sondern, ähnlich wie früher NAGEL, für jedes Auge eine Kugeloberfläche als besondere Projectionssphäre voraus; ferner vermuthet er, dass die Tiefenempfindungen aus verschiedenen Momenten, wie Accommodation, Convergenz undeutlich gesehenen Doppelbildern u. s. w., hervorgehen, welche als Localzeichen der Tiefe wirken sollen. (C. STUMPF, Ueber den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873.)

nicht der Fall ist; doch soll nach ihm bei vollkommen starrer Fixation auf Momente eine solche Täuschung eintreten. Im monocularen Sehen müssten alle Objecte aus ihrer Lage gerückt scheinen. Von einer zur Antlitzfläche parallelen Ebene bildet sich die innere Hälfte auf den äußern, die äußere Hälfte auf den innern Theilen der Netzhaut ab: die ganze Ebene müsste also mit ihrer innern Seite vom Sehenden weggekehrt scheinen. In allen solchen Fällen soll nun nach HERING die Erfahrung die Objecte, welche durch die Empfindung verkehrt localisirt werden, wieder an ihre richtige Stelle rücken. Aber ein so enormer Einfluss der Erfahrung, wie er hier vorausgesetzt wird, lässt nirgends sich nachweisen. Wenn wir durch einen an der Nasenseite auf das Auge ausgeübten Druck ein Druckbild hervorbringen, so hätte uns Erfahrung längst belehren können, dass diesem Reiz kein schläfenwärts gelegenes Object entspricht. Ueber die wahre Richtung indirect gesehener Linien sollten uns ebenso die Erfahrungen, die wir bei der directen Besichtigung solcher Linien machen, leicht belehren können. Aber die Beobachtung zeigt eben, dass uns über solche Täuschungen der Lage und Richtung, welche in der ursprünglichen Einrichtung des Sehorgans begründet sind, alle Erfahrung nicht hinweghilft. So ist es denn ein merkwürdiges Verhängniss, dass gerade diejenige Form der nativistischen Hypothese, welche möglichst alle Momente der Gesichtsvorstellung auf angeborene »Energien der Sehsinnsubstanz« zurückführen möchte, schließlich sich genöthigt sieht der Erfahrung den verwegensten Spielraum zu lassen, um einigermaßen zwischen Theorie und Beobachtung einen Einklang zu Stande zu bringen.

Mehr als die den normalen Verhältnissen des Sehens entnommenen Argumente scheinen auf den ersten Blick gewisse pathologische Erfahrungen für eine nativistische Anschauung in die Schranken zu treten. Insbesondere gehören hierher die oben S. 102 erwähnten Erscheinungen der s. g. Metamorphopsie in Folge von Netzhautablösungen und andern Dislocationen der Retinaelemente. Aus der dort angeführten Regel, dass die Eindrücke auf die dislocirten Elemente nach Maßgabe der ursprünglichen Lagerung derselben in den Raum verlegt werden, könnte man schließen, jedem Element komme ein unveräußerlicher Raumwerth zu, welcher durch seine eigenen Lageänderungen nicht alterirt werden könne. In der That bilden diese Erfahrungen ein nicht zu bestreitendes Zeugniss gegen solche Anschauungen, welche etwa ausschließlich aus Bewegungsempfindungen die räumliche Wahrnehmung entstehen lassen, oder welche dieselbe zwar unter Mithülfe von Localzeichen der Netzhaut aber doch so erklären, dass sich in jeder einzelnen Wahrnehmung der Raum gewissermaßen von neuem erzeugen müsste. Solche Theorien würden übrigens auch schon aus andern Gründen und den normalen Erscheinungen des Sehens gegenüber unhaltbar sein. So z. B. kann man, wie früher (S. 207) erwähnt, stereoskopische Bilder, wie Fig. 187 oder 188, willkürlich als erhabenes oder als vertieftes Relief sehen, je nachdem man den Blickpunkt hinter dem Object oder vor demselben wählt. Bei diesem Versuch entsprechen aber nur die Veränderungen der Netzhautbilder, nicht die Stellungen und Bewegungen des Auges den bei dem abwechelnden Sehen erhabener und vertiefter Formen normalerweise stattfindenden Bedingungen. Die Unterschiede der Netzhautbilder sind also für das stereoskopische Sehen so sehr maßgebend geworden, dass sie auch für sich allein dasselbe erzeugen können, eine Erscheinung, die übrigens in ähnlicher Weise in zahlreichen anderen Fällen wiederkehrt, wo Wahrnehmungselemente, die ursprüng-

lich nur in bestimmten Verbindungen wirkten, aus den letzteren isolirt die nämlichen Effecte hervorbringen[1]). An und für sich beweisen alle jene pathologischen Erfahrungen nur, dass an die Empfindungen der Netzhautelemente Bedingungen geknüpft sind, welche in der Ordnung der Lichteindrücke eine wichtige Rolle spielen, und welche Wirkungen zurückgelassen haben, die mit dem Eintritt einer den Bedingungen des normalen Sehens widerstreitenden Anordnung nicht verschwinden. Den ursprünglichen Einfluss der Bewegungsempfindungen widerlegt diese Thatsache ebenso wenig, wie derselbe durch die Erfahrung, dass das Auge auch in der Ruhe oder bei instantaner Beleuchtung räumliche Wahrnehmungen vollzieht, widerlegt wird. Wenn die Anordnung der Netzhautelemente mit ihren Localzeichen und die Bewegungsempfindungen beide zusammenwirkend die extensive Vorstellung erzeugt haben, so ist es ja nur eine nothwendige Folge, dass die Störung irgend einer dieser Bedingungen auch das Product verändert; es folgt aber keineswegs, dass Störungen des Sehens nur dann eintreten können, wenn sich beide Bedingungen gleichzeitig verändern. In diesem Sinne ergänzen sich also diese Störungen durch Netzhautveränderungen und die früher (S. 130 f.) erörterten Störungen durch Bewegungslähmungen gegenseitig. Beide zusammen beweisen, dass keines dieser Momente entbehrlich ist, und sie unterstützen damit die zahlreichen den normalen Erscheinungen des Sehens entnommenen Zeugnisse für ihre vereinte Wirkung.

Die genetische Theorie kann auch bei den Gesichtsvorstellungen wieder auf verschiedenen Grundlagen aufgebaut werden. Zunächst lässt sich an den thatsächlichen Einfluss der Erfahrungsmomente, der ja von den meisten Nativisten ebenfalls zugestanden wird, anknüpfen, indem man die Bildung der Gesichtsvorstellungen als eine von der Erfahrung bestimmte Beziehung der Eindrücke auffasst. So entsteht die empiristische Theorie, die sich an Locke anschließt, und deren Hauptbegründer Berkeley ist. Als ein wesentliches Hülfsmittel der Gesichtsvorstellungen zieht derselbe die Tastempfindungen herbei[2]), ein Zug, der seither meistens der empiristischen Theorie eigen geblieben ist[3]). In der Schilderung der psychischen Processe des Wahrnehmungsvorganges nimmt die empiristische Theorie in der Regel die specielle Gestalt einer logischen Theorie an. Bei den älteren Vertretern des Empirismus wird geradezu eine bewusste Verstandesthätigkeit angenommen. Doch betonte schon Berkeley bei der Schilderung der Einflüsse des Tastsinns auf den Gesichtssinn die bloß gewohnheitsmäßige, ohne alle logischen Motive geschehende

---

1) Wenn darum G. Hirth (Das plastische Sehen S. 87) meint, dieser stereoskopische Versuch widerlege den Einfluss der Augenbewegungen, so übersieht er den Einfluss der Verschmelzungsassociationen, ohne die es völlig unbegreiflich sein würde, wie überhaupt die Einflüsse der Bewegung in den Wahrnehmungen des ruhenden Sinnesorgans nachwirken können.

2) Berkeley, Theory of vision, § 46, 129. Works, vol. I, p. 259, 301.

3) Am weitesten geht in dieser Beziehung Condillac, welcher dem Gesicht und den andern Sinnen überhaupt gar keine selbständige Entwicklung zugesteht, indem er ihre ganze Function aus der Unterweisung des Tastsinns hervorgehen lässt (Traité des sensations, III, 3). Berkeley hatte noch angenommen, dass der Gesichtssinn für sich allein die Entfernung der Objecte theils nach der Deutlichkeit des Bildes theils nach der Accommodationsanstrengung des Auges abschätze (§ 23, 27, p. 243 etc.); Condillac schreibt auch diese Vorstellungen der Hülfe des Tastsinns zu. Das Auge für sich allein empfindet nach ihm nur Licht und Farben; eine bunte Oberfläche würde es, auf sich selbst beschränkt, weder als Oberfläche noch in irgend einer andern räumlichen Beziehung auffassen (I, 11).

Ursache ist, dass wir die zu Grunde liegende qualitative Differenz übersehen. Dagegen ist es zweifelhaft, ob die Richtungen des Sehens vermittelst der Netzhautempfindungen zu unterscheiden sind. Denn es ist nicht nachweisbar, dass die letzteren nach den einzelnen Meridianen in verschiedenem Sinne sich ändern, während wir mittelst der Tastempfindungen im Stande sind genau die Richtung aufzufassen, in welcher das Auge bewegt wird. Ebenso wissen wir durch dieselben, wie es scheint, ob sich das rechte oder linke Auge bewegt; es ist daher wahrscheinlich, dass auch bei Eindrücken auf das ruhende Doppelauge mittelst der Localzeichen des Tastsinns die Beziehung der Bildunterschiede in beiden Augen auf die Tiefeneigenschaften der Objecte zu Stande kommt, wobei wir uns, wie überall bei solchen Verschmelzungen, nicht der subjectiven Unterschiede selbst, sondern nur der objectiven Eigenschaften, deren Wirkungen sie sind, bewusst werden. Die Beziehung dieser Wirkungen auf ihre objectiven Ursachen geschieht stets in der richtigen Weise, wie aus der sicheren Unterscheidung des erhabenen und vertieften Reliefs hervorgeht. In Fig. 188 (S. 182) sehen wir den Kegel nie anders als erhaben, ebenso bei der Vertauschung der Bilder vertieft. Wären aber die Localzeichen der beiden Augen nicht von einander verschieden, so könnten diese zwei Fälle in der Vorstellung nicht getrennt werden. Das nämliche gilt von der Richtung, welche wir den Conturen im Sehfelde anweisen, speciell also auch von der Regel, dass wir die Objecte aufrecht sehen, gemäß ihrer wirklichen Lage im Raume, nicht verkehrt, wie das Netzhautbild sie darstellt. Indem wir den Gegenstand von seinem oberen bis zu seinem unteren Ende mit dem Blick verfolgen, muss sich die Vorstellung bilden, dass sein oberes Ende unserm Kopf, sein unteres unseren Füßen in seiner Lage entspreche.

So ist denn die Gesichtsvorstellung im wesentlichen auf denselben Process zurückzuführen, der die räumliche Ordnung der Tastempfindungen vermittelt[1]). Die Netzhautempfindungen verschmelzen mit Tast- und Bewegungsempfindungen zu untrennbaren Complexen. Was aber die Gesichtsvorstellungen auszeichnet, ist die Beziehung jener Empfindungscomplexe auf einen einzigen Punkt, das Netzhautcentrum. Dieses Verhältniss zum Blickpunkt, welches die genaue Ausmessung des Sehfeldes wesentlich unterstützt und die functionelle Verbindung der beiden Augen zum Doppelauge erst möglich macht, wurzelt in den Bewegungsgesetzen, unter denen namentlich das Gesetz der Correspondenz von Apperception und Fixation hier von entscheidender Bedeutung ist. (Vgl. S. 121 ff.) Insofern die Bewegungsgesetze in einem angeborenen centralen Mechanismus präformirt sind, bringt das Individuum eine vollständig entwickelte

1) Vgl. Cap. XI, S. 32 ff.

wollen, namentlich insofern die Lagebestimmung des Augapfels wesentlich von Tastempfindungen herrührt, so ist doch eine so durchgängige Abhängigkeit der Gesichts- von den Tastvorstellungen, wie sie hier angenommen wird, weder bewiesen noch auch wahrscheinlich; und wollte man selbst diese Abhängigkeit zugeben, so würden bei der Erklärung der Tastvorstellungen dieselben Schwierigkeiten wiederkehren. Da hier die unbewussten Analogieschlüsse nicht mehr ausreichen, so müsste man eine angeborene Raumbeziehung der Tastempfindungen voraussetzen. Entschließt man sich aber einmal zu diesem Schritte, so ist nicht einzusehen, warum nicht die nämliche Annahme auch für die Gesichtsempfindungen zulässig sein soll. Außerdem sieht Helmholtz, hierin mit Schopenhauer zusammentreffend, das Causalgesetz als ein angebornes Princip an, das sich bei jeder einzelnen Wahrnehmung wirksam erweise, insofern wir die Empfindungen auf ein äußeres Object als ihre Ursache beziehen[1]. Aber es verhält sich damit ähnlich wie mit dem Schlussverfahren bei unsern Wahrnehmungen. Man kann den Satz vom zureichenden Grunde durch nachträgliche Reflexion auf die Vorgänge anwenden, in diesen selber ist jedoch nichts vom Begriff der Ursache zu finden. So wenig das ursprüngliche Bewusstsein einen äußeren Reiz als Ursache seiner Empfindung setzt, ebenso wenig kommt ihm der Gedanke, das Angeschaute als Ursache der Anschauung anzunehmen. Merkwürdigerweise kommt hier die empiristische Theorie in die Lage einen Begriff als angeboren zu betrachten, der offenbar weit mehr als die sinnliche Wahrnehmung selbst abgeleiteten Ursprungs ist.

Einen gewissen Fortschritt über die letzterwähnten Theorien, die unabsichtlich in einen naiven Apriorismus zurückfallen, bezeichnet der zuerst in der schottischen Philosophenschule hervorgetretene Versuch, die Associationsvorgänge zur Erklärung der Gesichtsvorstellungen zu benutzen. Ursprünglich nur auf die Tiefen- und Größenvorstellungen angewandt, sind sie in neuerer Zeit auch für die ursprüngliche Bildung des Sehfeldes verwendet worden. So lässt A. Bain die Gesichtsvorstellungen in ganz ähnlicher Weise wie die Tastvorstellungen durch die Association der specifischen Sinnesempfindungen mit Bewegungsempfindungen entstehen. Die Linien- und Flächenvorstellungen bilden sich, indem wir das Auge hin- und herbewegend verschiedene Intensitätsgrade der Bewegungsempfindung mit den Netzhauteindrücken verbinden; bei der Tiefenvorstellung sind die mit der Accommodation und Convergenz verbundenen Empfindungen wirksam[2]. Vor anderen Formen der empirischen Ansicht hat diese den Vorzug, dass sie dem Gesichtssinn eine selbständige Entwicklung seiner Vorstellungen zugesteht. Aber sie lässt vor allem den Einwand zu, dass sie die Processe der ursprünglichen Wahrnehmung von anderen Formen der Association, wie sie z. B. bei den secundären Hülfsmitteln der Tiefenwahrnehmung stattfinden, nicht in zureichender Weise unterscheidet. Zwischen beiden Formen associativer Verbindung besteht jedoch der wesentliche Unterschied, dass bei der gewöhnlichen Association die associirten Vorstellungen nicht ihre Eigenschaften einbüßen, während uns die Raumconstruction ein ganz und gar neues Product

---

1) A. a. O. S. 453.

2) Bain, The senses and the intellect, 2. edit., p. 245 f. Man vgl. auch hier die im wesentlichen übereinstimmende Ansicht von Steinbuch, Beitrag zur Physiologie der Sinne, S. 140. Siehe oben S. 44.

verschiedensten Form durchwandern kann. Demnach wird auch die Verbindung der Localzeichensysteme beider Augen mit den Bewegungsempfindungen des Doppelauges eine variable. Es kann z. B. ein Localzeichen a des rechten Auges mit einem Zeichen a' des linken sich verbinden, wo beide einem Punkt 10° nach links vom Blickpunkt entsprechen. An diese Verbindung aa' wird dann eine Bewegungsempfindung des Doppelauges von 10° geknüpft sein. Es kann sich aber auch das Zeichen a etwa mit einem andern α' verbinden, welches einem nur um 5° links gelegenen Punkte zugehört: dann wird der Verbindung $a\alpha'$ eine andere Bewegungsempfindung entsprechen, welche aus Linkswendung und Convergenz zusammengesetzt ist. Bezeichnen wir den Abstand eines jeden Netzhautpunktes vom Netzhauthorizont als Höhenabstand, denjenigen vom verticalen Netzhautmeridian als Breitenabstand, so sind demnach im allgemeinen nur die Localzeichen von Punkten, die gleichen Höhenabstand haben, einander zugeordnet, dagegen können die Breitenabstände derjenigen Punkte, deren Localzeichen sich verbinden, bedeutend wechseln, und jedesmal verändert sich damit auch die Bewegungsempfindung des Doppelauges. Welche Verbindung wirklich stattfindet, darüber entscheidet im allgemeinen der Lauf der Fixationslinien im gemeinsamen Sehfeld (S. 181). Es werden also diejenigen Punkte einander zugeordnet, welche objectiv übereinstimmende Merkmale erkennen lassen, wobei jedoch durch die normalen Bedingungen des Sehens gewisse Grenzen gezogen sind, und sich überdies die Localzeichen jener Punkte, die der gewöhnlichen Form des Sehfeldes entsprechen, leichter als andere mit einander verbinden. Demnach handelt es sich hier um eine complicirtere Verschmelzung. Wir können uns dieselbe der Anschaulichkeit halber in zwei Acte zerlegen: in einen ersten, durch welchen mittelst Localzeichen und Bewegungsempfindung des ersten Auges die Lage eines gegebenen Punktes a im Verhältniss zum Blickpunkt, und in einen zweiten, durch welchen dann beim Hinzutritt des zweiten Auges erst die Lage des Blickpunktes sowohl wie des Punktes a im Verhältniss zum Sehenden festgestellt wird. Denken wir uns das monoculare Sehfeld als eine Ebene, so können nun durch den Hinzutritt des zweiten Auges beliebige Theile des Sehfeldes aus der Ebene heraustreten. Diese geht in eine anders geformte, nach den speciellen Bedingungen des Sehens wechselnde Oberfläche über. Geometrisch ist im monocularen Sehen nur eine einzige Oberfläche möglich, weil sich mit den nach zwei Dimensionen geordneten Localzeichen die Bewegungsempfindungen nur eindeutig verbinden lassen. Als binoculares Sehfeld ist eine beliebig gestaltete Oberfläche denkbar, weil sich mit den Elementen, die das eine Auge zur Messung liefert, diejenigen des andern in variabler, also vieldeutiger Weise verbinden können. Denken wir uns, um dies durch

ein Gleichniss zu versinnlichen, einen festen Punkt und eine Gerade gegeben, die, von dem Punkte ausgehend, in jede beliebige Richtung soll gebracht werden können, so lässt sich mit diesen zwei Elementen nur eine einfache Oberfläche construiren, nämlich eine Kugeloberfläche oder, wenn die Gerade unendlich groß ist, eine Ebene. Denken wir uns dagegen zwei feste Punkte und zwei von denselben ausgehende Gerade von continuirlich veränderlicher Richtung, deren Schnittpunkte eine Oberfläche bilden sollen, so lässt sich mittelst dieser vier Elemente eine Oberfläche von beliebiger Gestalt gewinnen. In der That entspricht dieses Gleichniss den Verhältnissen, welche am Auge gegeben sind. Doch werden hier die Richtungen der erzeugenden Geraden, der Blicklinien, selbst erst mittelst der Localzeichen und Bewegungsempfindungen festgestellt.

Vermöge der Bewegungsgesetze des Auges sind diejenigen Richtungen des Sehens bevorzugt, für welche die Auffassungen des ruhenden und des bewegten Auges vollständig übereinstimmen. Dies sind die durch den Blickpunkt gehenden Richtlinien (S. 126), welche in dem kugelförmigen Blickfeld als größte Kreise, in kleineren Strecken des Sehfeldes aber als gerade Linien erscheinen. Da nun bei der Ausmessung der Distanzen immer nur solche kleinere Strecken benutzt werden, so ist die Gerade für das Auge das natürliche Messungselement. Die Beschaffenheit der Richtlinien hat aber ihren physiologischen Grund in der Eigenschaft unserer Muskeln, ihre Ansatzpunkte um feste Axen zu drehen, woraus auch die ebene Beschaffenheit des Tastraumes hervorgeht. Darum ist der Gesichtsraum gleichfalls ein ebener Raum, in welchem zur Construction der Sehfeldfläche drei Dimensionen erfordert werden.

Gegen die hier entwickelte Theorie kann selbstverständlich ebenso wenig wie gegen die entsprechende Ableitung der räumlichen Vorstellungen des Tastsinnes eingewandt werden, sie versuche Unmögliches, weil aus bloß intensiven und qualitativen Empfindungen niemals eine extensive Ordnung so deducirt werden könne, dass sie demjenigen, der sie nicht schon besitzt, anschaulich würde. Eine Theorie, die das letztere zu erreichen meinte, würde in der That Unmögliches erstreben. Aber nicht darum handelt es sich hier, den Raum durch eine zwingende Deduction zu construiren, was logisch wie psychologisch natürlich nicht ausführbar ist, sondern darum, die elementaren Bedingungen nachzuweisen, die bei der Bildung der räumlichen Gesichtsvorstellungen thatsächlich wirksam sind, und die Beziehungen zu untersuchen, die zwischen den Eigenschaften dieser Elemente und den Eigenschaften des Raumes existiren. In ersterer Hinsicht erweist sich aber gerade bei der Gesichtswahrnehmung der doppelte Einfluss der Empfindungsqualitäten der Netzhaut und der Bewegungen des Auges als ein so ausgesprochener, dass keine Theorie

ihrer Aufgabe genügt, wenn sie nicht diesen beiden Einflüssen ihre Stellen einräumt. Dies vorausgesetzt, ist dann die Rückbeziehung der mehrfachen Ausdehnung des Systemes der Localzeichen auf die mehrfache Ausdehnung des Raumes und anderseits der gleichförmigen Intensitätsabstufung der Muskelempfindungen auf die Gleichartigkeit der räumlichen Dimensionen ein naheliegender Gedanke, der nicht von dem Anspruche den Raum erzeugen zu wollen, sondern lediglich von der Voraussetzung ausgeht, dass auch auf psychischem Gebiet die Eigenschaften eines Productes Beziehungen darbieten müssen zu den Eigenschaften der Factoren, die bei der Entstehung desselben wirksam sind[1]).

Neben denjenigen Elementen, welche die ursprüngliche Verschmelzung der Empfindungen erzeugen, sehen wir endlich die Gesichtsvorstellung noch von einer Reihe anderer Einflüsse abhängig, die sich schon durch ihren späteren Eintritt im Laufe des Lebens sowie durch größere Wandelbarkeit als Bestimmungsgründe secundärer Art verrathen. Hierher gehören die Einflüsse der Perspective und Luftperspective, zufällig oder absichtlich wachgerufener Vorstellungen u. dergl. In allen diesen Fällen handelt es sich um eine Veränderung der Vorstellung durch losere und darum wechselndere Associationen. So ist es ein deutlicher Fall solcher Associationen, wenn wir in Fig. 197 S. 200 die an sich zweideutige Zeichnung nach dem Hinzufügen einer die Stufen hinaufsteigenden menschlichen Figur als Treppe auffassen. Die ursprüngliche Wahrnehmung enthält hier noch gar keine körperliche Vorstellung. Jener folgend müssten wir die Zeichnung als das auffassen was sie ist, als eine Zeichnung in der Ebene. Führen wir aber keine feste Association ein, wie dies durch Hinzufügung des hinaufsteigenden Menschen geschieht, so knüpfen sich an ein derartiges Bild unwillkürlich Associationen mit verschiedenen früher gehabten Vorstellungen. Hier kann nun in unserem Beispiel die Association eine doppelte sein, indem sie sich bald an die Vorstellung der Treppe bald an die des überhängenden Mauerstücks heftet. Ebenso erscheint eine ferne Gegend oder ein Gemälde in der ursprünglichen Verschmelzung der Empfindungen als ebene Zeichnung ohne alles Relief. Nun kommen aber die Unterschiede der Schattirung und der Lauf der Conturen, welche die Perspective begründen, schon bei näheren Gegenständen vor, bei denen uns gleichzeitig die Verschmelzung der Empfindungen des Doppelauges eine Vorstellung ihrer körperlichen Form verschafft: auch hier stellen wir uns daher die ebene Zeichnung durch Association mit solchen Erinnerungsbildern körperlich vor. Wo das Sehen von Anfang an nur monocular sich ausbildet, da wird wohl die Association mit Tastvorstellungen und mit den

1) Vgl. hierzu die Bemerkungen auf S. 45 f.

solche Fälle sind namentlich von CHESELDEN[1]), WARDROP[2]), FRANZ[3]) und in neuerer Zeit von TRINCHINETTI[4]), HIRSCHBERG[5]), VON HIPPEL[6]), RAEHLMANN[7]) und UHTHOFF[8]) beschrieben worden. Dabei kommt jedoch in Betracht, dass mit Ausnahme des einen der von WARDROP mitgetheilten Fälle es sich nur um Staarkranke handelt, bei denen die Unterscheidung von Hell und Dunkel und ein Urtheil über die Richtung des Lichtes schon vor der Operation möglich war. In dem einen Fall von WARDROP, in welchem eine Verwachsung der Iris getrennt werden musste, war dagegen wohl nur eine sehr unvollkommene Unterscheidung von Hell und Dunkel vorhanden. Alle Berichte stimmen nun darin überein, dass die Operirten ein Urtheil über die Entfernung der Gegenstände nicht besitzen, und dass sie die Größe und Form derselben nur sehr unvollkommen auffassen, letzteres namentlich dann, wenn Erhabenheiten und Vertiefungen vorkommen. Ein Gemälde erscheint ihnen anfänglich wie eine bunt bemalte Fläche; erst allmählich lernen sie die Bedeutung der Schattirung und Perspective verstehen. Dem Operirten des Dr. FRANZ erschienen entfernte Gegenstände so nah, dass er sich fürchtete an sie anzustoßen. Einfache Formen, wie Vierecke und Kreise, erkannte er zwar ohne Betastung, aber er musste erst über sie nachdenken, wobei er angab, dass er gleichzeitig ein gewisses Gefühl in den Fingerspitzen (ohne Zweifel reproducirte Tastempfindungen) zu Rathe ziehe. Die von WARDROP operirte Dame, deren Blindheit vollständiger gewesen war, konnte einen Schlüssel und einen silbernen Bleistifthalter, die sie durch Betasten deutlich erkannt hatte, mit dem Gesicht nicht unterscheiden. Offenbar sind in allen diesen Fällen jene Bestandtheile der monocularen Gesichtswahrnehmung, welche auf loseren Associationen beruhen (S. 200 f.), unvollkommen oder gar nicht ausgebildet. Ebenso zweifellos geht aber auch aus den Beschreibungen hervor, dass alle Operirte, selbst die Dame von Dr. WARDROP, die Eindrücke in räumlicher Ordnung auffassten und in Bezug auf ihre Richtung unterschieden. Die Verlegenheit oder sogar das Unvermögen die Gestalt der Objecte anzugeben, darf in dieser Beziehung nicht irre machen. Der Operirte hat bisher seine Vorstellungen nach den Eindrücken des Tastsinns geordnet. Um eine durch den Gesichtssinn wahrgenommene Form zu bezeichnen, muss er sie also mit der Tastvorstellung vergleichen, sei es durch unmittelbares Betasten, sei es durch Herbeiziehen reproducirter Tastvorstellungen. Als Beweise für die ursprüngliche Bildung der Gesichtsanschauung durch Erfahrung können daher diese Beobachtungen nicht angeführt werden. Anderseits liefern sie aber auch freilich keinen Gegenbeweis, weder gegen die empiristische noch gegen die genetische Theorie im allgemeinen, da durch die vor der Operation stattfindenden Lichteindrücke immer eine gewisse Orientirung im Sehfelde stattfinden konnte. Sie geben dagegen belehrende Belege für die verhältnissmäßig langsame Vervollkommnung der Gesichtswahrnehmungen unter dem Einfluss äußerer Eindrücke.

---

1) Phil. Transact. 1728, XXXV, p. 447. Vgl. HELMHOLTZ, Physiol. Optik, S. 587.

2) History of JAMES MITCHELL a boy born blind and deaf. London 1813. Phil. transact. 1826, III, p. 529. HELMHOLTZ a. a. O. S. 588.

3) Phil. Mag., XIX, 1841, p. 156.

4) Arch. des sciences phys. de Genève, VI, p. 886.

5) Archiv f. Ophthalmologie, XXI, 1, S. 23.

6) Ebend. XXI, 2, S. 101.

7) Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorg. II, S. 72 ff.

8) UHTHOFF, Festschrift zu HELMHOLTZ' 70. Geburtstag, S. 115 ff.

Vierzehntes Capitel.

Aesthetische Elementargefühle.

Die Gefühle, die an unsere Vorstellungen gebunden sind, bewegen sich zwischen den Gegensätzen des Gefallens und Missfallens. Sie weisen, gleich den sinnlichen Gefühlen, auf die Eigenschaft des Bewusstseins hin, durch seinen Inhalt in der Form contrastirender Zustände bestimmt zu werden. Wie nun die Vorstellung selbst auf einer Mehrheit von Empfindungen beruht, die nach psychologischen Gesetzen zusammenhängen, so ist auch das ästhetische Gefühl nicht etwa eine Summe sinnlicher Einzelgefühle, sondern es entspringt aus der Verbindungsweise der Empfindungen, und der Gefühlston der letzteren bildet nur einen sinnlichen Hintergrund, auf welchem das ästhetische Gefühl sich erhebt. Dieses befindet sich in vielen Fällen dem Indifferenzpunkt zwischen seinen Gegensätzen so nahe, dass wir uns desselben nicht deutlich bewusst werden. Aus diesem Grunde schränkt man nicht selten das ästhetische Gefühl auf das Gebiet der höheren, im engeren Sinne so genannten ästhetischen Wirkungen ein. Doch sind bei diesen immer nur jene Gefühle, welche an und für sich alle Vorstellungen begleiten, theils zu größerer Stärke entwickelt theils mit andern Gefühlen zusammengesetzteren Ursprungs verschmolzen. Die so entstehenden complexen Producte wollen wir als höhere ästhetische Gefühle von den an die Einzelvorstellungen als solche gebundenen ästhetischen Elementargefühlen unterscheiden. An dieser Stelle haben wir nur die letzteren zu untersuchen, während die eingehende Erörterung der höheren ästhetischen Gefühle einer psychologischen Aesthetik überlassen bleibt[1]).

Bei allen Sinnesvorstellungen vollzieht sich die Verbindung der Empfindungen in dem allgemeinen Rahmen der beiden Anschauungsformen der Zeit und des Raumes. Auf den Zeit- und Raumverhältnissen der Vorstellungen beruhen daher auch wesentlich die ästhetischen Elementargefühle. Das Gehör, als zeiterweckender Sinn, gibt vorzugsweise durch die zeitliche Verbindung seiner Vorstellungen, das Gesicht, als wichtigstes Organ der Raumanschauung, durch die räumliche Beziehung derselben zu Gefühlen Anlass, und beide Quellen des Gefühls vereinigen sich bei der Bewegung.

---

1) Eine kurze Erörterung derselben folgt unten Abschn. IV, Cap. XVIII.

1. Harmonie und Rhythmus.

Indem der Gehörssinn theils die gleichzeitigen theils die auf einander folgenden Eindrücke ordnet, ergeben sich für ihn zwei Grundformen ästhetischer Gefühle: Harmonie und Rhythmus. Die **Harmonie** ruht, wie ausführlich gezeigt wurde, auf einer doppelten, einer **metrischen** und einer **phonischen** Grundlage. Nach dem metrischen Princip sind es die **einfachen** Gliederungen der Tonintervalle, nach dem phonischen sind es die unmittelbar empfundenen oder associativ erregten **Beziehungen** der **Töne auf eine Klangeinheit**, welche die hauptsächlichsten Factoren des Harmoniegefühls abgeben. Als mannigfach unterstützende Momente treten hinzu die Verhältnisse der Consonanz, der Dissonanz und der Schwebungen[1]. Bei den höheren Formen der Harmoniewirkung vereinigt sich stets eine große Zahl solcher Einzelwirkungen. Hierbei kommen ebenso in dem Zusammenklang wie in der melodischen Folge der Töne namentlich jene **Nebenintervalle** in Betracht, die, den schwächeren Partialtönen angehörend, je nach der Klangfärbung und der Vertheilung der Tonmassen in der mannigfaltigsten Weise den harmonischen Eindruck der Hauptintervalle verändern können[2]. Indem wir die Analyse der einzelnen Intervalle, Accorde und Tonfolgen der psychologischen Aesthetik überlassen, möge hier nur auf das früher erörterte Beispiel der Dur- und Molldreiklänge nochmals hingewiesen werden[3]. Der Duraccord, zusammengehalten durch den als Differenzton wahrgenommenen Grundklang, erscheint unmittelbar als eine Klangeinheit. Der Mollaccord entbehrt dieser Verbindung. An die Stelle des Zusammenhalts durch den Grundklang tritt aber durch den coincidirenden Oberton eine Art Abschluss auf der entgegengesetzten Seite der Tonreihe. Dazu kommt als sinnlicher Hintergrund der Accordwirkung der kraftvolle Charakter der tiefen Töne, der durch den Grundklang sich dem Dreiklang mittheilt, und der im Moll durch den entgegengesetzten Charakter des übereinstimmenden Obertons ersetzt wird. So kommt es, dass wir nur beim Duraccord in dem positiven Gefühl der Harmonie befriedigt ruhen, während der Mollaccord mit seinen zwei auseinanderfallenden Grundklängen vielmehr ein Streben nach der Harmonie als diese selbst auszudrücken scheint. Er erhält durch jenen sehnenden Charakter, der die Molltonarten zur Schilderung

---

1) Cap. XII, S. 63 ff.
2) Ebend. S. 54 f.
3) Ebend. S. 61, 67 f.

gewisser Gemüthslagen so geeignet macht. Die Disharmonie und Dissonanz ertragen wir nur als Uebergangsstimmung: sie muss sich in Harmonie und Consonanz auflösen, damit die befriedigende Wirkung der letzteren um so reiner hervortrete. Verstärkt wird diese Wirkung unter Umständen durch die Schwebungen und die Rauhigkeit des Zusammenklangs, die der störenden Wirkung, welche die Unvereinbarkeit der Einzelvorstellungen auf unser Bewusstsein ausübt, die unmittelbare Störung der Klangempfindungen hinzufügen.

Der Rhythmus erregt Gefallen durch intensiv oder qualitativ verwandte Eindrücke, die in dem Wechsel verschiedener Gehörsvorstellungen meist nach regelmäßigen Zeiträumen sich wiederholen. Gleiche Eindrücke in gleichen Pausen stattfindend wirken ermüdend, aber niemals rhythmisch. Damit ein ästhetisches Gefallen entstehe, müssen mindestens zwei verschiedene Eindrücke, Hebung und Senkung des Klangs, wie im $^2/_8$-Takt, in regelmäßigem Wechsel einander folgen, mag nun dieser Wechsel durch die Eindrücke selbst oder bloß durch die subjective Betonung erzeugt werden[1]. Ebenso wird das rhythmische Gefühl gestört, wenn die Reihe verschiedenartiger Eindrücke so groß wird, dass die Wiederholung des Aehnlichen nicht mehr empfunden werden kann, wie im $^9/_4$-Takt oder in andern die Grenze der Uebersichtlichkeit überschreitenden Formen[2]. Durch die Zusammenfügung der Takte zu rhythmischen Reihen, der Reihen zu Perioden, endlich der musikalischen Perioden zu den Abtheilungen der Melodie kann das rhythmische Gefühl auch noch über größere Aufeinanderfolgen ausgedehnt werden. Wie die Harmonie, so beruht also auch der Rhythmus auf der leicht überschaubaren Verbindung der Vorstellungen. Innerhalb der allgemeinen Regelmäßigkeit der Succession werden dann durch die verschiedene Taktgliederung, die schnellere oder langsamere Folge der Eindrücke mannigfaltige Formen des Gefallens möglich, die sich noch unendlich erweitern, indem sie sich in der Melodie mit den Gesetzen der harmonischen Klangverbindung vereinigen. In dem Ganzen der musikalischen Wirkung ist es die Harmonie, welche der Gemüthsstimmung ihre Richtung gibt, der Rhythmus, welcher das Wechseln und Wogen der Gefühle schildert.

Bei den Gesichtsvorstellungen hat man der Combination verschiedener neben einander stattfindender Farbenempfindungen eine besondere, den Klangverbindungen analoge Wirkung zugeschrieben. Eine unbefangene Beobachtung muss jedoch in dieser Beziehung wohl bei der Bemerkung stehen bleiben, dass contrastirende Farben in ihrer sinnlichen Wirkung sich heben, verwandte Farben

1) Vgl. S. 84.
2) S. 85, Anm. 1.

aber verschiedene Abstufungen einer in ihrem Grundcharakter übereinstimmenden Wirkung hervorbringen [1]). Dabei ist übrigens diese Regel weit entfernt, gleich dem Harmoniegesetz der Töne, für die Farbenverbindung bestimmend zu werden, da diese vor allem nach den in der Natur gegebenen Verhältnissen und nach der sinnlichen Wirkung der einzelnen Farben sich richtet. Mit dieser Beschränkung bildet aber die Farbe immerhin in ähnlicher Weise einen bedeutungsvollen sinnlichen Hintergrund für die ästhetische Wirkung der Gesichtsobjecte, wie der einzelne Ton im Gefüge der Harmonie und Melodie. Und in dieser Beziehung ist denn auch die hebende oder störende Wirkung der einzelnen Farben auf einander der sinnlichen Wirkung der Consonanz und Dissonanz zu vergleichen, wobei freilich nicht übersehen werden darf, dass die Störung, die sich im Zusammenklang mit großer Gewalt geltend macht, durch das extensive Nebeneinander der Eindrücke ermäßigt wird, und dass überdies die Anschauung der Natur und die durch sie entstandene Gewöhnung an mannigfache, nicht ganz befriedigende Farbenverbindungen unsere Empfindung mehr abgestumpft hat, als bei der in freierer Selbstschöpfung sich bewegenden Klangwelt [2]. So bleibt denn beim Gesichtssinn das ästhetische Gefühl fast ganz an die räumliche Form der Vorstellung gebunden. Jeder Gegenstand wirkt auf uns ästhetisch durch seine Gestalt. Die Farbe kann, wo sie hinzutritt, solche Wirkung verstärken, indem sie entsprechende sinnliche Gefühle wachruft. Aber die ästhetische Wirkung kann auch unabhängig von dieser Zugabe der reinen Empfindung entstehen, wie die bloß gestaltenden Künste, Plastik, Architektur und zeichnende Kunst, beweisen.

2. Aesthetische Wirkung der Gestalten.

Um die objectiven Bedingungen festzustellen, an welchen die ästhetische Wirkung der Gestalten haftet, bieten sich zwei Wege dar. Man kann zunächst einfache in freier Construction erzeugte Formen in Bezug auf das Gefallen oder Missfallen prüfen, das sie hervorbringen, ein Weg, der ganz und gar dem bei der Untersuchung der Klangverbindungen eingeschlagenen entspricht. Oder man kann hineingreifen in die lebendige Wirklichkeit der Natur und der sie nachahmenden Kunst, um an ihren Werken das Gefallende und Missfallende aufzufinden. Hier sehen wir uns dann auf einem neuen Wege, den man bei den Gesichtsvorstellungen vielfach sogar für den einzigen hielt, während es Niemandem einfallen würde, dem Gesang der Vögel oder dem Rollen des Donners zu lauschen, um die Bedingungen der musikalischen Schönheit aufzufinden. Darin zeigt sich eben die ungeheuere Macht, welche bei der Gestaltenwirkung die unmittelbare Wahrnehmung äußert, wogegen das Gehör vollkommen frei nach den subjectiven Gesetzen der Empfindung und Vorstellung waltet. Bei

1) Vgl. I, S. 567, 572 ff.
2) Vgl. hierzu Kirschmann, Phil. Stud. VII, S. 362 ff.

der psychologischen Analyse der Gestaltenwirkung wird schon aus diesem Grunde zunächst von den einfachsten Fällen geometrischer Schönheit auszugehen sein, welche ebenfalls den Vortheil bieten, dass sie willkürlich erzeugt werden können und eine Zurückführung auf mathematische Verhältnisse in Aussicht stellen. Es soll nicht bestritten werden, dass die ästhetische Wirkung solcher Formen eine sehr geringe ist. Sie ganz zu leugnen würde aber gegen alle Kunsterfahrung verstoßen, da doch die Ornamentik überall von derselben Gebrauch macht. Im allgemeinen können wir nun von diesem Gesichtspunkt aus zwei Bedingungen ästhetischer Elementarwirkungen unterscheiden: die Gliederung der Gestalten und den Lauf der Begrenzungslinien.

Die Beobachtung der Gliederung einfacher Gestalten ergibt als nächstes Resultat, dass wir das Regelmäßige dem Unregelmäßigen vorziehen. Der einfachste Fall der Regelmäßigkeit, die Symmetrie, begegnet uns daher an allen Formen, bei denen eine gewisse ästhetische Wirkung beabsichtigt ist, und bei denen nicht die Nachbildung asymmetrischer Naturformen eine Abweichung vorgeschrieben hat. Die Symmetrie ist aber vorzugsweise eine horizontale: so namentlich bei den frei erzeugten Gebilden der Architektur und Ornamentik. In verticaler Richtung treten viel häufiger andere Größenverhältnisse an deren Stelle. Jene Bevorzugung beruht wohl auf der Gewöhnung an die Naturformen, wo namentlich bei den organischen, den Pflanzen und Thieren, vor allen beim Menschen selbst, ebenfalls eine horizontale oder bilaterale Symmetrie besteht. Es sind nun aber keineswegs etwa alle einfach symmetrischen Figuren einander ästhetisch gleichwerthig. Wir ziehen z. B. entschieden einem Kreis oder Quadrat ein symmetrisches Kreuz oder sogar einem Quadrat mit horizontaler Grundlinie ein solches vor, dessen Seiten einen Winkel von 45° mit dem Horizont bilden. Der einfache Kreis gewinnt in ästhetischer Wirkung, wenn er mittelst einer Anzahl von Durchmessern in gleiche Sectoren getheilt ist, und diese Wirkung erhöht sich noch, wenn außerdem in jedem Sector die Sehne gezogen wird. Geometrischer Formen dieser Art bedient sich daher nicht selten schon die Ornamentik, die von den einfachen Figuren kaum jemals Gebrauch macht. Wir können diese Erfahrungen dahin zusammenfassen, dass symmetrische Formen wohlgefälliger werden, wenn in ihnen eine größere Zahl einzelner Theile verbunden ist. Die nackte Symmetrie ohne weitere Gliederung der Form ist zu arm, um unser Gefühl merklich anzuregen.

Für diejenigen Gliederungen der Gestalten, welche sich auf die Höhendimensionen oder auf das Verhältniss der Breite und Tiefe zur Höhe beziehen, sind im allgemeinen andere Theilungen wohlgefälliger als die Symmetrie. Alle Proportionen der Formen bewegen sich hier zwischen

zwei Extremen, zwischen der vollständigen Symmetrie 1 : 1 und dem Verhältniss $1 : \frac{1}{n}$, wo n eine so große Zahl bedeutet, dass $\frac{1}{n}$ sehr klein im Verhältniss zu 1 wird. Eine Proportion, welche die Symmetrie in eben merklicher Weise überschreitet, ist weniger wohlgefällig als eine solche, die von dem Verhältniss 1 : 1 etwas weiter abliegt, denn jene erscheint nur als eine ungenaue Symmetrie und fordert als solche zu ihrer Verbesserung auf. Andererseits wird die Proportion $1 : \frac{1}{n}$, bei welcher die kleinere Dimension an der größeren nicht mehr anschaulich gemessen werden kann, entschieden ungefällig. Zwischen beiden Grenzen müssen also die gefallenden Verhältnisse liegen. Eines derselben ist die Theilung nach dem **goldenen Schnitt**, bei welcher das Ganze zum größeren Theil sich verhält wie dieser zum kleineren ($x + 1 : x = x : 1$). Diese Proportion entspricht einem irrationalen Verhältniss $\frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$, wo das obere Vorzeichen für das Verhältniss des Major zum Minor, das untere für das des Minor zum Major gilt, und kann arithmetisch annähernd durch das Verhältniss Minor : Major = 1 : 1,618 ausgedrückt werden. Dieser goldene Schnitt soll nach ZEISING[1]) alle Kunstformen beherrschen und der Symmetrie überlegen sein. In der That fand FECHNER durch seine experimentellen Ermittelungen bei der Untersuchung des Verhältnisses der verschiedenen Dimensionen gewisser Formen, z. B. der Höhe und Breite eines Rechteckes, diese Annahme bestätigt[2]). Für die verticale Gliederung der Formen dagegen fand er andere Verhältnisse dem des goldenen Schnitts überlegen: so besonders bei der einfachen Theilung einer Linie das Verhältniss 1 : 2[3]). Doch ist dieses Resultat dadurch getrübt, dass FECHNER die normalen Täuschungen des Augenmaßes (Cap. XIII, S. 137) nicht berücksichtigte. Bei Beachtung der letzteren fand WITMER durchweg bei verticalen wie bei horizontalen Gliederungen sowie bei dem Verhältniss verschiedener Dimensionen zu einander neben der Symmetrie den goldenen Schnitt bevorzugt, so dass im allgemeinen die zwei Verhältnisse 1 : 1 und $x + 1 : x = x : 1$ als zwei Maxima der Wohlgefälligkeit anzusehen sind, zwischen denen und jenseits deren die missfälligeren Proportionen liegen. Dabei erträgt aber der goldene Schnitt größere Abweichungen als die

---

1) Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers. Leipzig 1854. Das Normalverhältniss der chemischen und morphologischen Proportionen. Ebend. 1856.

2) Bei Versuchen über Ellipsen, die WITMER (Phil. Stud. IX, S. 110 ff.) aus FECHNERS Nachlass veröffentlicht hat, war das wohlgefälligste Verhältniss der großen zur kleinen Axe ein für den goldenen Schnitt minder günstiges und näherte sich mehr der Proportion 2 : 3.

3) FECHNER, Zur experimentalen Aesthetik. Abhandl. der sächs. Ges. d. Wiss. XIV, S. 555 ff. Vorschule der Aesthetik. Leipzig 1876, I, S. 192.

Symmetrie, ohne zu missfälligen Verhältnissen zu führen. Die Curve Fig. 208, welche speciell die an einer Reihe von Rechtecken gewonnenen Resultate graphisch darstellt, veranschaulicht diese Beziehungen. Die auf der Abscissenlinie XX' angegebenen Zahlen bezeichnen die Länge der Basis, wenn die Höhe des Rechtecks = 1 gesetzt wird. Die relativen Grade des Gefallens sind durch positive, die des Missfallens durch negative Ordinaten ausgedrückt. Das zweite Maximum G entspricht sehr nahe dem goldenen Schnitt, das erste, bei dem Punkte S (1,030) entspricht dem scheinbaren Quadrate. Das wirkliche Quadrat (1 : 1) gehört ebenso wie die nach der entgegengesetzten Richtung abweichenden Rechtecke, wie schon FECHNER fand, zu den missfälligsten Verhältnissen[1]. Der Unterschied im Verlauf der Curve in der Nähe beider Maxima erklärt sich wohl daraus, dass Abweichungen von der scheinbaren Symmetrie schon wahr-

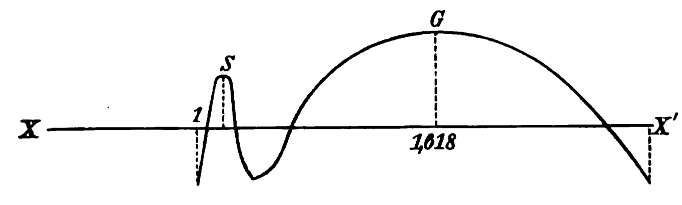


Fig. 208.

genommen werden, wenn sie sehr klein sind, während der goldene Schnitt als ein verwickelteres Verhältniss Abweichungen innerhalb weiterer Grenzen erträgt. Der Grund der Bevorzugung dieser beiden Verhältnisse darf aber wohl darin gesehen werden, dass auch bei räumlichen Formen eine Art messender Zusammenfassung möglich sein muss, wenn sie gefallen sollen, dass jedoch, so lange eine Zusammenfassung ohne merkliche Anstrengung gelingt, im allgemeinen die mannigfaltigere Form die wohlgefälligere ist. In dieser Beziehung besitzt insbesondere der goldene Schnitt gegenüber der Symmetrie wohl den Vorzug, dass er nicht nur jeden Theil, sondern auch das Ganze als Proportionalglied enthält, wodurch eine Beziehung der Theile auf eine sie umfassende Einheit entstehen kann.

Zu dem Eindruck, welchen die Gliederung der Gestalten hervorbringt, gesellt sich als ein weiteres Moment der Lauf der Begrenzungslinien. Ohne Mühe verfolgt, wie wir sahen, das Auge von seiner Primärstellung aus gerade Linien im Sehfeld. Wenn dagegen Punktdistanzen durcheilt werden, so bewegt sich dasselbe schon von der Primärstellung und noch mehr von andern Stellungen aus in Bogenlinien von schwacher Krümmung. Wir dürfen hieraus schließen, dass die schwach gekrümmte Bogenlinie

1) WITMER, Phil. Stud. IX, Heft 1 u. 2.

abe
Wı
der
da
de
se
tu
ol
d
z
z
ö

wärts, bei den Bewegungen nach unten nach abwärts gekehrt ist, so wird eine in Wirklichkeit horizontale Linie im entgegengesetzten Sinne gekrümmt gesehen: die Horizontale über dem Blickpunkt erscheint also als eine nach unten, die Horizontale unter dem Blickpunkt als eine nach oben concave Bogenlinie[1]). Aehnliche Krümmungen müssen horizontale Linien, deren Fixirpunkt in der Mitte liegt, in Folge der Abnahme des Gesichtswinkels darbieten. Diese Abweichungen werden sich namentlich bei langen Façaden, die man in der Nähe betrachtet, fast mit zwingender Macht geltend machen. In der That hat daher in solchen Fällen ein fein ausgebildeter Formensinn bis zu einem gewissen Grade dem optischen Schein Rechnung getragen[2]).

Schon in der Perspective und den mit ihr zusammenhängenden Erscheinungen macht sich für den Gesichtssinn der maßgebende Einfluss äußerer Naturbedingungen auf das Gefallen deutlich geltend. Noch bestimmter tritt dieser Einfluss in der Wirkung specieller Naturformen hervor, bei denen das an die allgemeinen Formverhältnisse gebundene ästhetische Gefühl wesentlich erhöht wird durch die tiefer liegenden Beziehungen, in welchen die Theile der Form zu einander stehen. Dass die Schönheit einer menschlichen Gestalt nicht bloß aus der Regelmäßigkeit ihrer Form hervorgeht, wird Niemand bestreiten. Ein regelmäßiges Kreuz oder Sechseck wäre ihr sonst an ästhetischem Werth weit überlegen. Doch ebenso wenig wird man behaupten können, dass die Regelmäßigkeit hier vollkommen gleichgültig sei. Die menschliche Gestalt ist bilateral symmetrisch; sie ist in ihrer Höhe nach Verhältnissen gegliedert, die der allgemeinen Regel folgen, dass sie sich in den Grenzen leicht überschaubarer Maße bewegen, und die zwar innerhalb einer gewissen Breite schwanken, von deren Durchschnittswerthen aber doch nicht allzuweit abgegangen werden darf. Mehr jedoch als diese abstracten Proportionen dürfte zu der ästhetischen Auffassung der Menschengestalt und der Pflanzen- und Thierformen die Wiederholung homologer Theile beitragen, welche innerhalb der verti-

1) Vgl. S. 129.

2) Diesen Conflict des Bewusstseins der Geradlinigkeit mit den aus den Gesetzen der Bewegung und der Perspective hervorgehenden Bildern, des Collinearitäts- mit dem Conformitätsprincip hat in anziehender Weise Guido Hauck geschildert in seiner Schrift: Die subjective Perspective und die horizontalen Curvaturen des dorischen Stils. Stuttgart 1879. Außerdem zeigt der Verf., dass die Bildung der genannten Curvaturen mit der nur aus architektonischen Erfordernissen entstandenen Seitenverschiebung der Ecktriglyphen in der engsten Beziehung steht. (A. a. O. S. 126.) Auf das Ineinandergreifen zahlreicher, theils übereinstimmender theils contrastirender Formmotive in den Architekturformen hat ferner Adolf Göller hingewiesen in seinen von feinem ästhetischem Sinn zeugenden Vorträgen: Zur Aesthetik der Architektur. Stuttgart 1887, S. 149 ff. Anregende Beiträge zur Psychologie der künstlerischen Thätigkeit, besonders mit Rücksicht auf zeichnende Künste und Malerei, gibt endlich Georg Hirth in seinen Aufgaben der Kunstphysiologie. München und Leipzig 1891. 2 Bde.

calen Gliederung eine Symmetrie zusammengesetzterer Art hervorbringt. Ober- und Vorderarm, Ober- und Unterschenkel, Arme und Beine, Hände und Füße, Hals und Taille, Brust und Bauch treten uns sogleich als formverwandte Theile entgegen. In den Armen und Händen wiederholen sich in feinerer und vollkommenerer Form die Beine und Füße. Die Brust wiederholt in gleicher Art die Form des Bauches. Indem sich dieser nach unten zur Hüfte, jene nach oben zum Schultergürtel erweitert, den beiden Stützapparaten der Extremitätenpaare, vollendet sich die Symmetrie der homologen Gebilde. Während aber alle andern Theile zweimal in der verticalen Gliederung der Gestalt uns begegnen, in einer unteren massiveren und in einer oberen leichteren Form, ist auf jene beiden Glieder des Rumpfes noch das Haupt gefügt, welches als der entwickeltste und allein in keinem anderen homologen Organ vorgebildete Theil das Ganze abschließt. Aehnliche Betrachtungen lassen sich an jede eindrucksvollere Thier- und Pflanzenform anknüpfen. Sie ergeben, dass die ästhetische Wirkung organischer Gestalten vorzugsweise von einer Symmetrie in der Wiederholung homologer Theile und von der Vervollkommnung abhängt, die sich hierbei gleichzeitig in dem Aufbau der Formen zu erkennen gibt. Geht man von hier aus zur Anschauung landschaftlicher Schönheiten oder der Werke der Architektur und der bildenden Kunst über, so gilt zwar für diese ebenfalls im allgemeinen die Regel, dass sich die Verhältnisse der Dimensionen und ihrer Theile von der Eintönigkeit der vollständigen Symmetrie und der Grenze incommensurabler Proportionen gleich weit entfernen. Es ist daher begreiflich, dass man, weil zudem in der Wahl der Eintheilungspunkte eine gewisse Freiheit besteht, eine Regel überall leicht bestätigt finden kann, die, wie der goldene Schnitt, diese Mitte einhält. Aber eine strengere Befolgung derselben wird doch von vornherein nur da zu erwarten sein, wo die Unabhängigkeit von der Nachbildung bestimmter Naturformen dem Formgefühl eine freiere Bethätigung gestattet: in der Architektur. Hier findet sich in der That gerade an den Meisterwerken der Antike und Renaissance die Gliederung nach dem goldenen Schnitt am vollkommensten bestätigt, während zugleich die Wiederholung der das Ganze bindenden Regel an den einzelnen Theilen des Kunstwerks den Eindruck der Harmonie hervorbringt[1]. Indem Plastik und Malerei auf die strengeren Regeln geometrischer Proportionalität verzichten müssen, suchen gleichwohl auch sie jene Harmonie zu erreichen, die aus der freien Wiederholung homologer Formen und Motive entspringt, und die schon in den vollkommeneren Naturformen ihre Vorbilder findet. Insbesondere zeigen

---

1) Wölfflin, Renaissance und Barock, S. 53 ff. München 1888.

die Meisterwerke der Architektur wie der bildenden Kunst darin eine Verwandtschaft mit der Schönheit organischer Naturformen, namentlich der menschlichen Gestalt, dass sie sich von unten nach oben vervollkommnend aufbauen, indem sie einem das Ganze beherrschenden Theile zustreben. Diese Art der Schönheit der organischen Natur und des Kunstwerkes, die in der Wiederholung und Vervollkommnung ähnlicher Formen besteht, ist es zugleich, auf der ihre Ueberlegenheit über die Schönheit des bloß geometrisch Regelmäßigen beruht. Ueber den Grund dieses Unterschiedes geben uns aber schon die Erfahrungen an diesem selbst einigermaßen Rechenschaft. Dem einfachen ziehen wir den in Sectoren getheilten Kreis, und so überhaupt dem einfach Symmetrischen das mannigfaltig Gegliederte vor. Auch die Musik bietet naheliegende Vergleichungspunkte. Der Takt ist zweifellos ein Element musikalischer Schönheit. Seine Wirkung wächst aber, wenn er einen mannigfaltigeren Wechsel der Klangeindrücke beherrscht, und ihm weit überlegen, wenn auch ihn voraussetzend, ist das rhythmische Gefüge der Melodie, das in der größeren Freiheit, mit der es sich bewegt, an die freiere Symmetrie der höheren Naturformen und der Werke der bildenden Kunst erinnert. Dies führt uns auf die Beziehung der ästhetischen Elementargefühle zu anderen Gefühlsformen, insbesondere zu den höheren ästhetischen Wirkungen.

3. Beziehung der ästhetischen Elementargefühle zu andern Gefühlsformen.

Da sich jede Vorstellung aus Empfindungen zusammensetzt, so wird on vornherein zu erwarten sein, dass die ästhetischen Elementargefühle, lie aus dem Verhältniss der Theile einer Vorstellung zu einander hervorehen, von sinnlichen Gefühlen begleitet sind, welche den in die Vortellung eingehenden Empfindungen entsprechen. Solche sinnliche Begleitefühle können unter Umständen sehr schwach sein, ja nicht selten werden, o es sich um absichtliche ästhetische Wirkungen handelt, die Eindrücke n Stärke wie Qualität möglichst indifferent gewählt, um das ästhetische efühl von derartigen Beimengungen frei zu halten: so in den zeichnenden ünsten, der Plastik und zuweilen auch der Architektur. Ueberall jedoch, o der Eindruck die volle sinnliche Lebendigkeit besitzt, ist die Verbinung mit sinnlichen Gefühlen unvermeidlich, und auch da, wo die ästheschen Elementargefühle selbst nur als Factoren complexerer ästhetischer irkungen auftreten, behalten jene ihre Bedeutung. Dabei können er entweder die erzeugten sinnlichen Gefühle von analoger Beschaffenit sein wie die ästhetischen: dann werden sie natürlich die letzteren

cal[illegible] [illegible] under [illegible]
Ob[illegible] [illegible] ntracnt[illegible]
un[illegible]
fo[illegible]
si[illegible]
Br[illegible]
di[illegible]
te[illegible] [illegible] under [illegible]
S[illegible]
[illegible]

die primären Gefühle verstärken. Am augenfälligsten machen sich diese physiologischen Begleiterscheinungen sowohl wie ihre secundären Gefühlswirkungen bei den Taktformen geltend, wahrscheinlich deshalb, weil bei ihnen in Folge der regelmäßigen Aneinanderreihung mehrerer Tacte eine Cumulation der Effecte eintritt. So fand Ernst Leumann, dass beim rhythmischen Scandiren die Pulsintervalle annähernd gleichen Schritt halten mit den rhythmischen Intervallen, so dass mit der Geschwindigkeit des Rhythmus regelmäßig auch die Pulsfrequenz etwas zunimmt[1]). Könnte man in diesem Fall noch daran denken, dass diese Wirkung bloß eine indirecte sei, indem die erhöhte Thätigkeit der Sprachmuskeln eine solche der Athmungs- und Herzmuskeln mit sich führe, so zeigt nun aber weiterhin die Beobachtung, dass die nämliche Wirkung auf Athmung und Puls auch dann eintritt, wenn die taktförmigen Eindrücke bloß akustisch aufgenommen, wenn also z. B. die Taktschläge eines Metronoms gehört werden. Mit der Geschwindigkeit der Taktfolge beschleunigen sich hierbei immer auch Puls und Athmung, wenn auch keineswegs etwa in einem regelmäßigen quantitativen Verhältnisse. Dabei zeigt sich jedoch, dass stets die Athmung primär und erst durch sie der Puls secundär beeinflusst wird. Bleibt die Wirkung auf die Athmung aus, z. B. dadurch dass man absichtlich einen und denselben Athemrhythmus festhält, so fehlt auch die Wirkung auf den Puls. Hieraus ist zu schließen, dass der letztere in diesem Fall überhaupt nur durch die normal zwischen Athmung und Puls stattfindenden Beziehungen afficirt wird[2]). Nun erzeugen aber die Beschleunigung von Athmung und Puls Veränderungen des Gemeingefühls, die den durch die Takte hervorgebrachten Gefühlen sowie den später zu betrachtenden hieraus hervorgehenden Affecten durchaus verwandt sind[3]). Auf diese Weise wirken also auch indirect jene ästhetischen Gefühle durch die physiologischen Begleiterscheinungen verstärkend auf sich selber zurück.

Wie die ästhetischen Elementargefühle zu bestimmten einfacheren sinnlichen Gefühlen Beziehungen der Verwandtschaft und des Gegensatzes darbieten, vermöge deren sie bald verstärkt bald gehemmt oder gestört werden, so führen nun aber auch diese Gefühle theils durch die Beschaffenheit ihrer Wirkungen, theils dadurch dass sie selbst Bestandtheile verwickelterer Gefühle bilden, zu denjenigen Gefühlsformen hinüber, die nicht

---

1) Ernst Leumann, Phil. Stud. V, S. 618 ff.

2) Versuche über diesen Einfluss gehörter Taktschläge sind nebst andern hierher gehörigen Beobachtungen von Herrn Paul Mentz in meinem Laboratorium ausgeführt, aber noch nicht veröffentlicht worden. Die Puls- und Athembewegungen wurden auf einer Kymographiontrommel registrirt, während sich ein Beobachter, der die von ihm erhaltenen Registrirungen nicht sehen konnte, zeitweilig unter dem Einfluss gehörter Metronomschläge befand.

3) Ueber die Affecte vergl. unten Cap. XVIII.

einzelnen Vorstellungen entsprechen, sondern erst aus zusammengesetzteren Vorstellungsverbindungen hervorgehen. So braucht auf die nahe Verwandtschaft gewisser ästhetischer Gefühle mit den intellectuellen Gefühlen der Erkennung und Wiedererkennung, der Erwartung und Ueberraschung u. s. w. hier nur hingewiesen zu werden. Die letzteren namentlich sind wieder bei den Taktformen augenfällig hervortretende Momente des Eindrucks. Unter allen jenen Beziehungen ist aber die der ästhetischen Elementargefühle zu den zusammengesetzteren ästhetischen Wirkungen, an denen sich eben jene intellectuellen Gefühle in so mannigfacher Weise betheiligen, wieder von besonderer Wichtigkeit, wegen der Bedeutung, die den hier sich anschließenden Fragen für die psychologische Theorie der ästhetischen Wirkungen überhaupt zukommt.

Wäre das ästhetische Gefühl nur durch die Zeit- und Raumverhältnisse der Vorstellungen bestimmt, so ließe sich wohl begreifen, wie ein Gefallen verschiedenen Grades entstehen kann, aber die unendliche qualitative Mannigfaltigkeit der Gefühle bliebe unerklärt. Die Verhältnisse der Vorstellungen begründen zwar gewisse allgemeine Formen des Gefallens und Missfallens: Vorstellungen, die sich durch einfache zeitliche oder räumliche Gliederungen in eine leicht überschaubare Einheit zusammenfügen, befriedigen uns, andere, die einer solchen Ordnung widerstreben, missfallen uns; seine specifischen Färbungen empfängt aber das ästhetische Gefühl jedesmal durch den besonderen I n h a l t der Vorstellungen. So ist es zweifellos, dass bei der Schönheit der menschlichen Gestalt nicht bloß die Symmetrie der Formen, sondern vor allem die besondere Bedeutung, die wir denselben in Gedanken beilegen, von Wirkung ist. Bei der Stellung der Glieder denken wir an die Function, die denselben als stützenden Trägern des Leibes zukommt. Eine mechanisch unmögliche Stellung missfällt uns daher selbst bei der sorgfältigsten Einhaltung normaler Proportionen. Missverhältnisse der Dimensionen sind uns nicht zum kleinsten Theile deshalb anstößig, weil sie der Bestimmung der Organe zu widerstreben scheinen. Vollends das Haupt muss Gedanken zum Ausdruck bringen, und ein Reflex dieses Ausdrucks muss auf die Haltung aller übrigen Theile zurückstrahlen. So ist in der bloßen Gliederung der Gestalt die Schönheit nur in rohen Umrissen angelegt, und erst die Belebung der Formen durch den Inhalt unserer Vorstellungen vollendet die ästhetische Wirkung. Dies legt nun den Gedanken nahe, dass auch jene abstracten Verhältnisse, wie sie uns in den geometrisch regelmäßigen Figuren oder in dem Taktmaß der Melodie als Normen des Gefallens begegnen, ihre ästhetische Wirkung einem Gedankeninhalt verdanken, den w i r in sie hineinlegen. Das Rhythmische und das Symmetrische gefallen uns, weil die Gesetze der Verbindung des Mannigfaltigen, die sie enthalten,

den Gedanken an zahllose Vorstellungen ästhetischer Gegenstände in uns anklingen lassen. Jene allgemeinen Formverhältnisse sind daher ästhetische Objecte von unbestimmtem Inhalt, aber sie sind nicht inhaltsleer. Darum eben sind sie geeignet Träger der zusammengesetzteren ästhetischen Wirkungen zu werden, wobei nur, wenn unser Gefühl befriedigt werden soll, die Form dem Inhalt entsprechen muss. In einer solchen Gesammtwirkung sind somit jene Verhältnisse der Harmonie, des Rhythmus und der Symmetrie zugleich die äußeren Formbedingungen, welche die Zusammenfassung des ästhetischen Inhalts ermöglichen. Erst die Erfüllung dieser Formen mit einem Inhalte bewirkt es zugleich, dass Gefallen und Missfallen in eine große Zahl einzelner Bestimmungen auseinandertreten, die in den Benennungen Schön, Erhaben, Hässlich, Niedrig, Komisch u. a. nur nach ihren wichtigsten Gattungen unterschieden sind. Beim Schönen sind wir uns der Verbindung zusammenstimmender Vorstellungen klar bewusst. Beim Erhabenen erreicht oder überschreitet der vorgestellte Gegenstand durch seine Größe die Grenze, wo er leicht in eine Vorstellung zusammengefasst werden kann, während doch seine Beschaffenheit solches verlangt. Beim Komischen stehen die einzelnen Vorstellungen, welche ein Ganzes der Anschauung oder des Gedankens bilden, unter einander oder mit der Art ihrer Zusammenfassung theils in Widerspruch, theils stimmen sie überein. So entsteht ein Wechsel der Gefühle, bei welchem jedoch die positive Seite, das Gefallen, nicht nur vorherrscht, sondern auch in besonders kräftiger Weise zur Geltung kommt, weil es, wie alle Gefühle, durch den unmittelbaren Contrast gehoben wird [1]).

Indem wir die nähere Begriffsbestimmung dieser Formen des Gefallens der Aesthetik überlassen, sei hier nur auf die psychologisch bedeutsamen Beziehungen derselben zu den sinnlichen Gefühlen und Affecten hingewiesen. Dass ein Hintergrund sinnlicher Gefühle jede ästhetische Wirkung in größerer oder geringerer Stärke begleitet, wurde schon mehrfach hervorgehoben. Nicht minder kommt der Affect zu Hülfe, um die Theilnahme des ganzen Gemüths vollständig zu machen. Der schöne Gegenstand befriedigt in dem Einklang seiner Formen unsere Erwartung; das Missfallen an dem Hässlichen verbindet sich mit dem Affect des Abscheus. Das Erhabene hat als sinnlichen Hintergrund energische Spannungsempfindungen, indem wir die Spannung unserer Muskeln nach der Kraft des Eindrucks zu steigern suchen. Wo das Erhabene zum Ungeheuren anwächst, da verengern sich reflectorisch die Hautgefäße und bewirken so die sinnliche Empfindung des Schauderns, mit der sich zugleich leise der Affect der Furcht combinirt. Darin ist die Hinneigung des Erhabenen zu

1) Vgl. E. Kraepelin, Zur Psychologie des Komischen. Phil. Stud. II, S. 128, 327.

Unlustgefühlen angedeutet, die es auch als ästhetisches Gefühl schon enthält, insofern in ihm eben die Grenze maßvoller Verbindung der Vorstellungen erreicht oder sogar überschritten wird. Das Hässliche erregt gleichzeitig Schaudern und Abscheu. Beim Komischen aber treten solche Gefühle in Contrast zu den entgegengesetzten der sinnlichen Lust und befriedigten Erwartung. Auf sinnlichem Gebiet entspricht diesem Wechsel das eigenthümliche Gefühl des Kitzels, dessen Empfindung Lachen verursacht, eine stoßweise Respirationsbewegung, die bekanntlich auch durch den physischen Reiz des Kitzelns erregt wird. Wie Ewald Hecker vermuthet, zieht hierbei die intermittirende Wirkung des Reizes eine intermittirende Reizung der Gefäßnerven nach sich, welche auf das Centralorgan der Athembewegungen zurückwirkt[1]. So bestätigt es sich überall, dass die sinnlichen Gefühle, welche den ästhetischen Wirkungen zum Hintergrund dienen, in ihrer Natur den einzelnen ästhetischen Gefühlen verwandt sind.

Alle Vorstellungen, die den Inhalt ästhetischer Wirkungen ausmachen, sind zunächst immer Einzelvorstellungen. Aber unser Gefallen oder Missfallen erregen dieselben erst, indem sie sich gewissen allgemeineren Vorstellungen, die unserm Bewusstsein disponibel sind, unterordnen. Wo der Gegenstand zusammengesetzter ist, da gibt derselbe zu einer Reihe mit einander verbundener Vorstellungen Anlass, die sich in der Form eines zusammenhängenden Gedankens aussprechen lassen. Dies ist es, was man in der geläufigen Regel auszudrücken pflegt, dass der ästhetische Gegenstand Träger einer Idee sein müsse. Ganz ohne Idee ist selbst die einfache Schönheit des Taktes oder des geometrisch Regelmäßigen nicht. Denn es kann sich damit der Gedanke eines harmonischen Gleichmaßes verbinden, der in den höheren Gestaltungen der Schönheit nur in entwickelteren Formen wiederkehrt. Da nun die Gedanken, welche der einzelne ästhetische Gegenstand in uns wachruft, nicht nur von ihm, sondern auch von der augenblicklichen wie von der dauernden Disposition unseres Bewusstseins abhängen, so begreift sich einerseits die Unbestimmtheit der ästhetischen Ideen, anderseits ihre Abhängigkeit von dem anschauenden Subject. Derselbe Gegenstand kann in verschiedenen Menschen mannigfach wechselnde Vorstellungen erregen, und der ästhetisch gebildete Geist sogar kann bald diese bald jene Idee mit einem gegebenen Objecte verbinden, da die Anschauung unsern Gedanken nur ihre allgemeine Richtung anweist, die besondere Gestaltung derselben aber vollkommen frei lässt. So sehen wir die ästhetischen Gefühle überall aus der unmittelbaren Wirkung der Einzelvorstellungen auf das Bewusstsein hervorgehen. Diese Wirkung äußert

1) E. Hecker, Die Physiologie und Psychologie des Lachens und des Komischen. Berlin 1873.

sich aber in der Einordnung des Einzelnen in den vorhandenen Vorrath allgemeiner Vorstellungen. Das nächste Motiv des Gefallens liegt immer in der Leichtigkeit, mit welcher sich der Gegenstand unserer Wahrnehmung den bereit liegenden Formen der Zeit- und Raumanschauung einfügt; daher das gleichförmige Zeitmaß des Rhythmus, die leicht überschaubaren Verhältnisse der symmetrischen und proportionalen Gliederung des Räumlichen die einfachsten Bedingungen des Gefallens enthalten. Nicht minder wird man in der Befriedigung, welche wir bei der Lösung einer Aufgabe oder bei dem einfachen Verstehen eines gehörten Satzes empfinden, ein ästhetisches Gefühl anerkennen müssen; ja die elementarste Form desselben begegnet uns schon bei dem Wiedererkennen eines einmal wahrgenommenen Gegenstandes, bei der einfachen Erinnerung an ein gehörtes Wort u. dergl. In allen diesen Fällen liegt aber die Ursache des Gefühls in der Einordnung der Vorstellungen in den Vorrath der unserm Bewusstsein verfügbaren Formen. Beim Aesthetischen im engeren Sinne begegnen uns die nämlichen Vorgänge; nur der Werth der durch den Eindruck wachgerufenen Gedanken ist ein anderer. Denn die Wirksamkeit der höheren ästhetischen Vorstellungen beruht überall auf der Erweckung intellectueller, sittlicher und religiöser Ideen. Indem wir uns dieser als unseres besten Besitzthums bewusst sind, legen wir dem angeschauten Gegenstand in dem Maße höheren Werth bei, als das Gefühl, das er erweckt, jene Ideen aus dem Dunkel der Seele emporzieht. Die Maßverhältnisse, in denen sich der im höheren Sinne ästhetische Gegenstand darbietet, sind nur das äußere Gewand, das, wo es seines bedeutsamen Inhalts beraubt wird, wenig mehr als jene gemeinere psychologische Form des ästhetischen Gefühls zurücklässt, die an jede Aufnahme der Vorstellungen gebunden ist, höchstens insofern dieser überlegen, als schon das Gleichmaß der Theile einer Vorstellung in uns Gedanken anklingen lässt, denen ein intellectueller oder ethischer Werth zukommen kann. Theils durch diese Gedanken theils durch die erleichterte Zusammenfassung wird das Regelmäßige, das symmetrisch und proportional Gegliederte zu einem wirkungsvollen Gewande für die höheren Formen des Aesthetischen.

Seiner psychologischen Natur nach lässt sich hiernach das ästhetische Gefühl allgemein als die unserm Bewusstsein eigenthümliche Reaction auf die in dasselbe eintretenden Vorstellungen bestimmen. Es ist aber an sich ein ebenso integrirender Bestandtheil der zusammengesetzten Vorstellung, wie das sinnliche Gefühl ein Bestandtheil der Empfindung ist. Die besondere Färbung des Gefallens und Missfallens ist sodann ganz und gar von dem Inhalt der durch die Vorstellung erweckten Gedanken abhängig, und nach dem Werth der letzteren ermessen

wir auch den des Gefühls. So tritt uns im Gebiet der ästhetischen Gefühle zum ersten Male die Thatsache einer Werthschätzung entgegen, die bei den sinnlichen Gefühlen noch fehlte. Da jedoch in die Vorstellung Empfindungen als ihre Elemente eingehen, so sind nothwendig überall ästhetische mit sinnlichen Gefühlen verbunden. Anderseits bleibt aber auch die Vorstellung nicht ruhend im Bewusstsein, sondern sie wird aufgenommen in jenen Verlauf innerer Vorgänge, aus welchem der Affect hervorgeht. Die für die ästhetischen Elemente bestehende Forderung, dass sie zusammenstimmen, dass insbesondere die äußeren Maßverhältnisse der Bedeutung des Inhalts entsprechen, erstreckt sich auch auf diese begleitenden Bestandtheile des sinnlichen Gefühls und des Affects, und in diesem Sinne werden sie gleichfalls zu Elementen der ästhetischen Wirkung.

Die psychologische Untersuchung der ästhetischen Gefühle hat meistens unter dem Umstande zu leiden gehabt, dass die Anregung zu derselben ganz und gar von jenem Aesthetischen im engeren Sinne ausging, mit welchem sich die Theorie der schönen Künste und die aus ihr unter dem Namen der Aesthetik hervorgegangene Wissenschaft beschäftigt. So ist es gekommen, dass man die einfachsten Fälle des Gefallens und Missfallens fast ganz aus dem Auge verlor, welche doch eine nothwendige Grundlage auch für die Erklärung der complicirten ästhetischen Wirkungen sind. Eine weitere erschwerende Bedingung lag darin, dass die Begründung der neueren Aesthetik von dem logischen Formalismus der Wolff'schen Schule beherrscht war. Statt direct nach den Motiven des ästhetischen Gefühls zu suchen, behandelte man ohne weiteres die ästhetische Auffassung als eine Form des Erkennens und suchte nun nach dem Begriff, aus dessen Verwirklichung das ästhetische Gefühl hervorgehen sollte. Kant, der diese Auffassung beseitigte, ist doch selbst noch von ihr beeinflusst, indem er das Aesthetische der Urtheilskraft zuweist, die in der logischen Stufenfolge der Seelenvermögen zwischen Verstand und Vernunft das Mittelglied bildet, und indem er dem Begriff der Wahrheit, in dessen dunkle Erkenntniss die älteren Aesthetiker das ästhetische Gefühl versetzen, den der Zweckmäßigkeit substituirt. Erst dadurch lenkt Kant auf einen völlig neuen Weg ein, dass er beim ästhetischen Geschmacksurtheil die Zweckmäßigkeit als eine ganz und gar subjective hinstellt, die niemals auf einen objectiven Zweck sich beziehen könne[1], und dass er dem Zweck eine eigenthümliche Mittelstellung zwischen den Naturbegriffen und dem Freiheitsbegriff gibt, die der Mittelstellung der Urtheilskraft zwischen Verstand und Vernunft entspricht. Hierin liegt nun nach Kant'scher Auffassung hauptsächlich der Werth des Aesthetischen, dass es für uns zwischen den Gebieten der Natur und der Sittlichkeit die natürliche Brücke bilde[2]. Die idealistische Aesthetik, die auf Kant gefolgt ist, knüpft an diesen Gedanken an, indem sie denselben zu größerer Allgemeinheit entwickelt. Sie setzt das Aesthetische überall in die Verwirklichung der Idee, also eines geistigen Inhalts. Da nun aber diese Anschauung das Reale überhaupt als eine

1) Kritik der Urtheilskraft, S. 16, 29.
2) A. a. O. S. 39, 229.

lebendige Entwicklung des Geistigen oder, wie sie sich ausdrückt, der absoluten Idee ansieht, so muss sie das engere Gebiet des Aesthetischen in jene künstlerische Thätigkeit verlegen, welche die Idee ohne die Trübungen und Schranken zu realisiren sucht, die sie in der Natur erfährt. So kommt es, dass hier einerseits die ganze Naturbetrachtung wesentlich zu einer ästhetischen wird, wie das Beispiel SCHELLING's zeigt, und dass sich anderseits die Betrachtung des Aesthetischen im engeren Sinne völlig auf das Gebiet der Kunst zurückzieht, wie an HEGEL zu sehen ist. So vieles auch die Aesthetik dieser Richtung verdankt, die Psychologie geht dabei leer aus. Es ist nicht zu leugnen, dass diese aus dem im schroffen Gegensatz zu den idealistischen Systemen entstandenen Bestreben HERBART's, die objectiven Bedingungen des ästhetischen Urtheils aufzufinden, mehr Anregung geschöpft hat. Doch bleibt HERBART selbst bei der Bemerkung stehen, dass das ästhetische Gefühl auf Verhältnissen der Vorstellungen beruhe. Der Unterschied vom sinnlich Angenehmen und Unangenehmen bestehe nur darin, dass uns beim ästhetischen Gegenstand jene Verhältnisse unmittelbar in der Vorstellung gegeben seien, daher sie zugleich in der Form eines Urtheils dargestellt werden könnten [1]. Näher durchgeführt hat HERBART diese Theorie nur bei den musikalischen Intervallen, wo seine Betrachtungen jedoch in Widerspruch mit den physikalischen und physiologischen Thatsachen gerathen, wie denn überhaupt die ästhetischen Ansichten dieses Philosophen schon dadurch eine gewisse Einseitigkeit zeigen, dass er fast ausschließlich von der Musik ausging [2]. In der neueren Aesthetik macht sich im ganzen das Streben nach einer Vermittelung zwischen den vorangegangenen idealistischen und realistischen Richtungen geltend [3]. Am schroffsten stehen sich noch aus naheliegenden Gründen die alten Gegensätze auf dem Gebiet der Musikästhetik gegenüber. Hier vertritt einerseits MORITZ HAUPTMANN [4] den Idealismus der HEGEL'schen Dialektik, anderseits ED. HANSLICK [5] den formalistischen Standpunkt HERBART's. Zwischen beiden bewegen sich dann außerdem, zum Theil in einander übergreifend, die metaphysische Gefühlsästhetik SCHOPENHAUER's [6], die an DARWIN und HERBERT SPENCER anlehnenden Bestrebungen eines evolutionistischen Naturalismus, mit welchem sich, durch L. FEUERBACH beeinflusst, RICHARD WAGNER in seiner ersten Periode berührt, während derselbe später an SCHOPENHAUER sich anschließt, um sich in seiner letzten Periode einer mystisch-religiösen Richtung zuzuwenden [7]. Dazu sind endlich in der neuesten Zeit mannigfache Versuche gekommen, mit der physiologischen und psychologischen Akustik Fühlung zu gewinnen. FECHNER, der unter den

---

1) Psychologie als Wissenschaft, II. Werke, VI, S. 93. Vgl. auch V, S. 394.

2) Psychologische Bemerkungen zur Tonlehre. Werke, VII, S. 7 ff.

3) Vgl. namentlich die Ausführungen von F. TH. VISCHER, Kritische Gänge, 5. Heft, S. 140, und LOTZE, Geschichte der Aesthetik in Deutschland. München 1868, S. 232, 123 u. a. Außerdem ZIMMERMANN, Aesthetik, II. Wien 1865. KÖSTLIN, Aesthetik. Tübingen 1863—69. ED. VON HARTMANN, Aesthetik. II. Berlin 1887. Die psychologisch-ästhetischen Fragen behandeln in freierer Weise vom HERBART'schen Standpunkte aus LAZARUS, Leben der Seele, 2. Aufl., I, S. 234 ff., und H. SIEBECK, Das Wesen der ästhetischen Anschauung. Berlin 1875, vgl. besonders S. 57, 125 ff.

4) M. HAUPTMANN, Harmonik und Metrik. Leipzig 1853.

5) ED. HANSLICK, Vom Musikalisch-Schönen. 6. Aufl. Leipzig 1881.

6) SCHOPENHAUER, Welt als Wille und Vorstellung. Werke, 4. Aufl. II, S. 301 ff.

7) Ueber R. WAGNER's ästhetischen Entwicklungsgang vgl. HUGO DINGER, RICHARD WAGNER's geistige Entwicklung. Bd. I, S. 254 ff. Leipzig 1892.

Vertretern einer psychologischen Aesthetik besonders eindringlich die Forderung nach einer inductiven Begründung der ästhetischen Principien erhob, hat von diesem Standpunkt aus die beiden Bedingungen, auf deren oft einseitiger Bevorzugung zum Theil der Gegensatz der beiden oben erwähnten Hauptrichtungen der formalistischen und der idealistischen, beruht, als den **directen** und als den **associativen** Factor der ästhetischen Wirkung bezeichnet, welche beide in gewissem Sinne als gleichberechtigt anerkannt werden müssten[1]. Unter dem directen Factor versteht er die unmittelbar in der Vorstellung enthaltenen Momente, unter dem associativen diejenigen, die erst aus den Beziehungen hervorgehen, in welche unser Bewusstsein den unmittelbaren Eindruck zu anderen Vorstellungen bringt. Hiernach fällt der directe Factor im wesentlichen mit den Grundlagen des ästhetischen Elementargefühls zusammen, während dem associativen jene Gedankenverbindungen entsprechen, welche den Zusammenhang des ästhetischen Gefühls mit anderen höheren Gefühlen vermitteln. Welche große Bedeutung den Vorstellungsverbindungen zukommt, in welche für uns jeder äußere Eindruck sich einfügt, hat GÖLLER in einer vortrefflichen Analyse einiger ästhetischer Elementarwirkungen, vorzugsweise aus dem Gebiete der Architektur, gezeigt[2].

Seit den Anfängen der Aesthetik ist der Versuch, alle ästhetischen Wirkungen auf ein Fundamentalprincip zurückzuführen, immer wiedergekehrt. Am meisten hat sich in dieser Beziehung das sogenannte Princip der »**Einheit in der Mannigfaltigkeit**« des Beifalls zu erfreuen gehabt. Dass nun einem derartigen Princip, dessen Ausdruck freilich unbestimmt genug ist, in der That viele Factoren der ästhetischen Wirkung ohne Schwierigkeit subsumirt werden können, erhellt aus den obigen Ausführungen. Dagegen scheint es fraglich, ob mit einer solchen Formel, welche theils sehr verschiedenartiges zusammenfasst, theils doch allzu sehr vor der Außenseite der Dinge stehen bleibt, viel gewonnen sei. Die nähere Analyse der Erscheinungen wird immer wieder geneigt sein, eine solche Formel zu specialisiren oder ihr weitere Hülfsprincipien an die Seite zu stellen, wie solches am eingehendsten von FECHNER[3] versucht worden ist. Für die psychologische Analyse kann die Aufstellung derartiger Principien werthvoll werden, sobald in ihnen gewisse allgemeinere psychologische Thatsachen ihren Ausdruck finden.

1) FECHNER, Vorschule der Aesthetik, I, S. 86, 157.

2) GÖLLER, Zur Aesthetik der Architektur, bes. S. 49, 121 ff.

3) A. a. O. I, S. 42 ff., II, S. 230 ff. Einen neuen und psychologisch vielleicht fruchtbareren Ausdruck gibt GÖLLER dieser einheitlichen Verbindung mannigfaltiger Elemente in seinem »Reihengesetz«. (A. a. O. S. 148 ff.)

Vierter Abschnitt.

Von dem Bewusstsein und dem Verlaufe der Vorstellungen.

Fünfzehntes Capitel.

Das Bewusstsein.

1. Bedingungen und Grenzen des Bewusstseins.

Da das Bewusstsein selbst die Bedingung aller inneren Erfahrung ist,
so kann aus dieser nicht unmittelbar das Wesen des Bewusstseins erkannt
werden. Alle Versuche dieser Art führen entweder zu tautologischen
Umschreibungen oder zu Bestimmungen der im Bewusstsein wahrgenom-
menen Thätigkeiten, welche eben deshalb nicht das Bewusstsein sind,
sondern dasselbe voraussetzen. Das Bewusstsein besteht darin, dass wir
iberhaupt Zustände und Vorgänge in uns finden, und dasselbe ist kein
von diesen innern Vorgängen zu trennender Zustand. Unbewusste Vorgänge
iber können wir uns nie anders als nach den Eigenschaften vorstellen,
lie sie im Bewusstsein annehmen. Ist es somit unmöglich die Kennzeichen
nzugeben, durch welche sich das Bewusstsein von etwaigen unbewussten
uständen unterscheidet, so kann auch eine eigentliche Definition des-
elben nicht gegeben werden. Das einzige vielmehr was möglich bleibt
st dies, dass wir uns über die **Bedingungen** Rechenschaft geben, unter
enen Bewusstsein vorkommt. Dabei dürfen wir freilich in diesen Be-
ingungen nicht etwa die erzeugenden Ursachen des Bewusstseins sehen,
ondern begleitende Umstände, unter denen es uns in der Erfahrung
ntgegentritt. Solcher Bedingungen lassen sich nun **zwei** Reihen unter-
cheiden, von denen die einen der innern, die andern der äußern Erfah-
ung angehören.

Unter den psychischen Vorgängen, welche wir, so weit die innere Erfahrung reicht, an das Bewusstsein gebunden sehen, nimmt einerseits die Bildung von Vorstellungen aus Sinneseindrücken, anderseits das Gehen und Kommen der Vorstellungen eine hervorragende Stelle ein. Jede Vorstellung bietet sich uns als die Verbindung einer Mehrheit von Empfindungen dar. Jeden Klang stellen wir uns vor als dauernd in der Zeit, wir verbinden die momentane Empfindung mit den ihr vorausgegangenen; jeder Farbe geben wir einen Ort im Raume, wir ordnen sie in eine Anzahl coexistirender Lichtempfindungen. Die reine Empfindung ist eine Abstraction, welche in unserm Bewusstsein nie vorkommt. Nichtsdestoweniger werden wir durch eine überwältigende Zahl psychologischer Thatsachen, die im vorigen Abschnitt erörtert wurden, genöthigt anzunehmen, dass sich überall die Vorstellungen durch eine psychologische Synthese aus den Empfindungen bilden. Jene Verbindung elementarer Empfindungen, welche bei jedem Vorstellungsacte vorkommt, dürfen wir deshalb wohl als ein charakteristisches Merkmal des Bewusstseins selbst ansehen. Nicht minder gibt sich uns das Kommen und Gehen der Vorstellungen unmittelbar als eine Verbindung zu erkennen, die auf innern oder äußern Beziehungen der Vorstellungen beruht, und wobei die Wirkung, durch welche eine früher gehabte Vorstellung wieder erneuert wird, jedesmal von einer schon im Bewusstsein vorhandenen ausgeht. Die Reproduction der Vorstellungen und ihre Association ist aber eine ebenso nothwendige Begleiterscheinung des Bewusstseins wie die Bildung der einzelnen Vorstellungen, da nur unter der Voraussetzung einer Verbindung der zeitlich aufeinander folgenden Vorstellungen Bewusstsein für uns empirisch nachweisbar ist. So ergibt sich auf psychischer Seite ein nach Gesetzen geordneter Zusammenhang der Vorstellungen als diejenige Bedingung, unter der stets das Bewusstsein in der Erfahrung vorkommt.

Die Verschmelzung der Empfindungen sowie die successive Association der Vorstellungen sehen wir nun überall an bestimmte Verhältnisse der physischen Organisation gebunden. Wo daher durch diese die Möglichkeit einer Verbindung von Sinneseindrücken gegeben ist, da werden wir auch die Möglichkeit eines gewissen Grades von Bewusstsein nicht bestreiten können. In der That zeigt die Beobachtung der niederen Thierwelt, dass verhältnissmäßig sehr einfache Verbindungen nervöser Elementartheile hinreichen, um Aeußerungen eines Bewusstseins möglich zu machen, welches freilich zuweilen kaum weiter als bis zur Bildung einer kleinen Zahl sehr einfacher Vorstellungen gehen dürfte, die mit den physischen Lebensbedürfnissen zusammenhängen. Sieht man also ein Merkmal des Bewusstseins darin, dass ein Wesen auf Eindrücke anscheinend in ähnlicher Weise reagirt wie der Mensch, falls in diesem solche Eindrücke z.

bewussten Vorstellungen werden, so wird man das Gebiet des Bewusstseins so weit ausdehnen müssen, als ein Nervensystem als Mittelpunkt von Sinnes- und Bewegungsapparaten oder aber eine Protoplasmasubstanz zu finden ist, deren Bewegungen nach Analogie der menschlichen Willenshandlungen als Reactionen auf Sinnesempfindungen zu deuten sind. Einen Irrthum, der sich an diese Betrachtungsweise leicht anknüpft, müssen wir jedoch zurückweisen. Da bei Wirbellosen einige Ganglienknoten als Centralorgane des ganzen Nervensystems zureichen, um die erforderlichen Zusammenhänge verschiedener Empfindungen herzustellen, so scheint es eine nahe liegende Folgerung, auch in einem höheren Wirbelthier oder im Menschen könnten möglicherweise neben dem Centralbewusstsein noch mehrere Bewusstseinsstufen niedereren Grades in subordinirten Organen, wie in den Hirnhügeln, dem Rückenmark, den Ganglien des Sympathicus, existiren. Hier ist aber zu erwägen, dass alle Theile des Nervensystems in einem durchgehenden Zusammenhange stehen. Das individuelle Bewusstsein ist von diesem ganzen Zusammenhang abhängig; der Zustand desselben wird von den Eindrücken auf die verschiedensten Sinnesnerven, von motorischen Innervationen und sogar von Einwirkungen innerhalb des sympathischen Systems gleichzeitig bestimmt. Es ist immer das nämliche Bewusstsein, welchen Gebieten auch die Vorstellungen angehören mögen, die in einem gegebenen Moment in ihm vorhanden sind. Die physiologische Grundlage dieser Einheit des Bewusstseins ist der Zusammenhang des ganzen Nervensystems. Daher ist es auch unzulässig, ein bestimmtes Organ des Bewusstseins in dem gewöhnlich angenommenen Sinne vorauszusetzen. Zwar zeigt die Untersuchung des Nervensystems der höheren Thiere, dass es hier ein Gebiet gibt, welches in näherer Beziehung zum Bewusstsein steht als die übrigen Theile, nämlich die Großhirnrinde, da in ihr, wie es scheint, nicht nur die verschiedenen sensorischen und motorischen Provinzen der Körperperipherie, sondern auch jene Verbindungen niedrigerer Ordnung, welche in den Hirnganglien, dem Kleinhirn u. s. w. stattfinden, durch besondere Fasern vertreten sind. Die Großhirnrinde ist also vorzugsweise geeignet, alle Vorgänge im Körper, durch welche bewusste Vorstellungen erregt werden können, theils unmittelbar theils mittelbar in Zusammenhang zu bringen. Nur in diesem beschränkteren Sinne ist beim Menschen, und wahrscheinlich bei allen Wirbelthieren, die Großhirnrinde Organ des Bewusstseins. Hierbei darf man aber niemals vergessen, dass die Function dieses Organs diejenige gewisser ihm untergeordneter Centraltheile, wie z. B. der Vier- und Sehhügel, die bei der Verbindung der Empfindungen eine unerlässliche Aufgabe erfüllen, voraussetzt[1].

1) Vgl. hierzu I, S. 213 ff.

Anders steht es mit der Frage, ob nicht niedrigere Centraltheile, wenn die höheren von ihnen getrennt werden, nun für sich einen gewissen Grad von Bewusstsein bewahren können. Diese Frage ist mit der vorhin erörterten keineswegs einerlei. Das Rückenmark z. B. könnte, so lange es in Verbindung mit dem Gehirn steht, sehr wohl als ein bloß untergeordnetes Hülfsorgan des Bewusstseins functioniren, da der ganze Zusammenhang der Empfindungen, der das Bewusstsein ausmacht, erst im Gehirn sein organisches Substrat findet; und doch könnte, wenn das Gehirn getrennt ist, in dem Rückenmark ein niederes Bewusstsein sich ausbilden, welches jenem beschänkteren Zusammenhang von Vorgängen entspräche, der durch dieses Centralorgan vermittelt wird. In der That muss nicht bloß die Möglichkeit eines solchen Verhaltens zugegeben werden, sondern verschiedene Erscheinungen, die wir theils schon kennen gelernt haben theils später schildern werden, sprechen auch für sein wirkliches Vorkommen. Es ist aber dabei zweierlei zu beachten. Erstens ist ein solches Bewusstsein streng genommen ein erst *sich ausbildendes*, welches daher auch eine allmähliche Vervollkommnung erfahren kann, wie dies die Beobachtung der enthaupteten Frösche, der Vögel und Kaninchen mit über den Hirnganglien abgetragenen Hirnlappen bestätigt. Zweitens wird ein Centralorgan, welches vermöge der ganzen Organisation eines Wesens von Anfang an auf selbständigere Function gestellt ist, natürlich in ganz anderer Weise Träger eines Bewusstseins werden können, als ein in vielfacher Beziehung und Abhängigkeit stehendes, wenn auch sonst morphologisch verwandtes. Man wird also z. B. das Rückenmark des Amphioxus (I, S. 57) mit dem des Frosches oder dieses mit dem des Menschen nicht ohne weiteres in Parallele bringen dürfen; und noch verkehrter wäre es, wenn man nach der Complication des Baues die Fähigkeit eines Organs, in sich ein Bewusstsein zu entwickeln, beurtheilen wollte. Die Complication des Baues ist ja gerade bei den niedrigeren Centralgebilden zum großen Theil durch ihre vielfachen Verbindungen mit höheren Nervencentren veranlasst. So wird es begreiflich, dass mit der Vervollkommnung der Organisation die Fähigkeit dieser Centraltheile, ein selbständiges Bewusstsein in sich auszubilden, offenbar immer mehr abnimmt, und dass ein solches Bewusstsein, welches durch die Zerstückelung des Nervensystems gewissermaßen erst entstanden ist, wenigstens bei den Wirbelthieren nicht einmal entfernt die Stufe des niedersten Bewusstseins erreicht, das bei unversehrter Organisation überhaupt vorkommt. Anders ist dies bei denjenigen Wirbellosen, bei denen die einzelnen Theile des centralen Nervensystems in ihrer Structur und Function einander gleichwerthiger sind, und wo nun die künstliche Theilung zuweilen einer natürlichen Fortpflanzung durch Theilung äquivalent wird.

Sowohl die psychischen wie die physischen Bedingungen des Bewusstseins weisen uns darauf hin, dass das Gebiet des bewussten Lebens mannigfache Grade umfassen kann. In der That finden wir schon in uns selbst je nach äußern und innern Bedingungen wechselnde Grade der Bewusstheit, und auf ähnliche bleibende Unterschiede lässt die Beobachtung anderer Wesen uns schließen. In allen diesen Fällen gilt uns aber die Fähigkeit der Verbindung der Vorstellungen als Maßstab des Grades der Bewusstheit. Sobald wir selbst Eindrücke nur mangelhaft in den Zusammenhang unserer Vorstellungen einreihen oder uns ihrer später wegen dieses mangelhaften Zusammenhangs nur unvollkommen erinnern können, schreiben wir uns während der betreffenden Zeit einen geringeren Grad des Bewusstseins zu. Bei den niedersten Thieren, bei welchen sichtlich nur die unmittelbar vorangegangenen Eindrücke bewahrt werden, frühere höchstens dann, wenn sie oft wiederholt eingewirkt haben, nehmen wir ebenso ein unvollkommeneres Bewusstsein an. Von diesem Gesichtspunkte aus kann auch allein die Streitfrage über die Existenz oder Nichtexistenz von Bewusstsein bei solchen Thieren beurtheilt werden, deren Centralorgane verstümmelt sind. Nicht die unmittelbare Beschaffenheit der Bewegungsreactionen auf äußere Reize entscheidet hier, wie in der Regel vorausgesetzt wird, über den Grad des zurückgebliebenen Bewusstseins, sondern die Art der Nachwirkung der Reizung. Denn nur diese verräth uns, ob jene für das Bewusstsein charakteristische Verbindung der Empfindungen in einem gewissen Grade erhalten geblieben ist. Da wir nun aber nicht das Recht besitzen, solchen Verbindungen innerer Zustände, die sich etwa nur über wenige simultane oder successive Empfindungen erstrecken, den Namen des Bewusstseins zu versagen, so entstehen für die Bestimmung der unteren Grenze des letzteren fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Der geläufige Sprachgebrauch macht es sich meistens leicht mit dieser Grenze. Wo das Verhalten eines Menschen nur einigermaßen unter die Linie des gewöhnlichen bewussten Handelns fällt, da ist man geneigt anzunehmen, dass er ohne Bewusstsein gehandelt habe. Bald wird so das Bewusstsein mit dem Selbstbewusstsein, bald mit der Aufmerksamkeit verwechselt, und in vielen Fällen würde es geeigneter sein von einem Mangel der Besonnenheit statt von einem Mangel des Bewusstseins zu sprechen. Sieht man dagegen, wie es folgerichtig geschehen muss, in jeder Verbindung innerer Zustände irgend einen Grad von Bewusstsein, so ist eine sichere Grenzbestimmung überhaupt nicht auszuführen. Denn wir werden zwar in bestimmten Fällen auf die Existenz von Bewusstsein schließen dürfen; eine sichere Entscheidung über die Nichtexistenz desselben wird aber niemals möglich sein, daher wir uns hier stets mit dem für alle empirischen Zwecke freilich

ausreichenden Nachweis begnügen müssen, dass alle Merkmale fehlen, welche uns nöthigen Bewusstsein vorauszusetzen.

Seit Leibniz den Begriff des Bewusstseins in der uns heute geläufigen Form in die neuere Psychologie einführte[1], sind verschiedene Versuche gemacht worden, um eine psychologische Definition dieses Begriffs zu gewinnen. Leibniz selbst dehnt den Begriff des Bewusstseins noch über den gesammten, nach seiner metaphysischen Lehre unendlichen Inhalt der Seele aus, unterscheidet aber von dem dunkeln das klare Bewusstsein, welches bei den Thieren ganz fehle, und sich beim Menschen immer nur auf eine relativ kleine Anzahl von Vorstellungen erstrecke; dieses klare Bewusstsein ist ihm identisch mit dem Selbstbewusstsein[2]. In der neueren Psychologie hat man bald das Bewusstsein als einen inneren Sinn bezeichnet und in ihm eine aufmerkende Thätigkeit gesehen[3], bald hat man es auf die Function der Unterscheidung zurückgeführt[4]. Man verwechselt aber hier gewisse im Bewusstsein vorkommende Thätigkeiten mit dem Bewusstsein selber, und man übersieht, dass es an der unerlässlichen logischen Bedingung für eine Definition des Bewusstseins mangelt, an der Möglichkeit nämlich dasselbe mit nicht bewussten psychischen Vorgängen oder Zuständen zu vergleichen. Die einzige Begriffsbestimmung, welche jenem Einwurfe nicht ausgesetzt ist, diejenige Herbart's, das Bewusstsein sei »die Summe aller wirklichen oder gleichzeitig gegenwärtigen Vorstellungen«[5], ist darum auch keine Definition, sondern ein Hinweis darauf, dass das Bewusstsein mit der Gesammtheit der inneren Erlebnisse identisch und demnach lediglich ein zusammenfassender Begriff für diese Erlebnisse selbst ist. Freilich aber leidet Herbart's Definition an dem Grundfehler seiner Psychologie, nur den Vorstellungen reale Existenz in der Seele zuzugestehen.

Begreiflicherweise hat nun der Umstand, dass wir unbewusste Zustände der Vorstellungen anzunehmen genöthigt und doch über die Natur dieser Zustände nichts auszusagen im Stande sind, zu metaphysischen Hypothesen reichliche Veranlassung geboten. Leibniz nahm vermöge des von ihm überall verwertheten Princips der Stetigkeit an, dass alles scheinbare Verschwinden der Vorstellungen auf einem Herabsinken auf einen sehr kleinen oder selbst unendlich kleinen Grad der Bewusstheit beruhe, und dass ebenso die inneren Zustände der Wesen nur gradweise sich unterscheiden[6]. Von dieser Anschauung, dass die Vorstellungen unendlich verschieden in ihren Graden, an sich aber

---

1) Ueber die ältere Entwicklung des Bewusstseinsbegriffs von Aristoteles an vgl. H. Siebeck, Geschichte der Psychologie, I, S. 331 ff. Gotha 1884.

2) Op. philos. ed. Erdmann, p. 715.

3) Vgl. Fortlage, System der Psychologie, I, S. 57. J. H. Fichte, Psychologie I, S. 83.

4) L. George, Lehrb. der Psychologie, S. 229. H. Ulrici, Leib und Seele, S. 27. Bergmann, Grundlinien einer Theorie des Bewusstseins, S. 129 f. Auch die Anschauungen von G. H. Schneider (Die Unterscheidung, S. 37) können hierher gerechnet werden. Doch gibt derselbe dem Begriff der Unterscheidung eine überwiegend physiologische Bedeutung, indem er sie als denjenigen Vorgang auffasst, welcher allgemein durch Zustandsdifferenzen der Nerven entstehe (ebend. S. 7).

5) Herbart's Werke, V, S. 208.

6) Op. philos. p. 706.

unvergänglich seien, entfernte sich schon CHR. WOLFF, indem er, dem Eindruck der psychologischen Erfahrung nachgebend, nicht bloß verschiedene Grade der Bewusstheit, sondern auch Zustände ohne Bewusstsein unterschied, wobei er übrigens bemerkte, dass man auf die letzteren nur aus demjenigen schließen dürfe, was wir in unserm Bewusstsein finden[1]). Diesen Rath hat die moderne Metaphysik nicht immer befolgt, daher das Unbewusste nicht selten in einen metaphysischen Gegensatz zum Bewusstsein gerieth und in Folge dessen nothwendig einen mystischen Charakter annahm, indem ihm die Aufgabe zugewiesen wurde, alle diejenigen wirklichen oder vermeintlichen Dinge zu erklären, über welche das Bewusstsein keine zureichende Rechenschaft zu geben im Stande sei. Nun findet aber die Annahme des Unbewussten ihre einzige psychologische Rechtfertigung in dem Gehen und Kommen der Vorstellungen und Gefühle. Es kann sich daher doch einzig und allein um die Frage handeln, ob jene Verbindungen der Vorstellungen, die wir in unserm Bewusstsein wahrnehmen, auch schon außerhalb desselben anzunehmen seien oder nicht. Diese Frage wird noch in der heutigen Psychologie häufiger bejaht als verneint. Insbesondere steht auf der bejahenden Seite nicht bloß die Richtung HERBART's, die in Uebereinstimmung mit LEIBNIZ an eine ewige Existenz der einmal entstandenen Vorstellungen glaubt, sondern auch die physiologische Hypothese über die Entstehung der Sinneswahrnehmungen mittelst unbewusster logischer Processe, sowie die im Anschlusse an die Descendenztheorie entstandene Lehre von der Vererbung der Vorstellungen. Alle diese Annahmen sind nur unter der Voraussetzung möglich, dass das Bewusstsein ein Zustand oder Vorgang sei, welcher den Vorstellungen als ein an sich von denselben verschiedenes psychisches Erzeugniss gegenüberstehe. Auch die Eigenschaft, alle inneren Zustände in einen wechselseitigen Zusammenhang zu bringen, gilt hier nicht als charakteristisch für das Bewusstsein, da dieser Zusammenhang schon im Unbewussten angenommen wird. Eine derartige äußerliche Auffassung des Bewusstseins entbehrt aber nicht bloß eines jeden Erfahrungsgrundes, da uns die innere Erfahrung eben niemals das Bewusstsein anders als in den Erscheinungen darbietet, deren wir uns bewusst sind, sondern sie setzt sich überdies mit der einzigen Erfahrung in Widerspruch, die sich als psychologische Bedingung des Bewusstseins überall bewahrheitet findet, mit der Thatsache nämlich, dass sich eine Verbindung mit andern früher gewesenen oder gleichzeitigen Vorgängen immer als erforderlich zum Bewusstwerden eines bestimmten inneren Geschehens herausstellt.

Nur eine Reihe von Erfahrungen gibt es, welche, falls die auf sie gegründeten Folgerungen bindend wären, eine von dem Bewusstsein unabhängige Existenz der Vorstellungen erfordern würden: es sind dies jene Thatsachen, welche als beweisend angesehen werden für die Existenz angeborener Vorstellungen, mag man nun diese mit der älteren speculativen Philosophie auf die höchsten und allgemeinsten Ideen oder mit der neueren Vererbungstheorie auf die geläufigsten Gegenstände der sinnlichen Wahrnehmung beziehen. Die ältere Form der Lehre von den angeborenen Ideen bedarf heute der eingehenden Widerlegung nicht mehr, da der bereits von LOCKE geführte Nachweis, dass für die Entwicklung jener Ideen aus empirisch entstandenen Vorstellungen zureichende Gründe vorhanden sind, kaum mehr einem Widerspruch begegnet,

---

1) CHR. WOLFF, Vernünftige Gedanken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen, 6. Aufl., § 193.

weshalb auch der moderne Platonismus seit Leibniz sich darauf beschränkt, die Anlage zur Entwicklung der Ideen als ein ursprüngliches Besitzthum des Geistes zu betrachten[1]). Anders verhält sich dies mit den angeblich vererbten Vorstellungen, für welche man die angeborenen Instincte, Fähigkeiten und Gewohnheiten der Thiere und des Menschen als Zeugnisse anführt[2]). Wenn das soeben aus dem Ei gekrochene Hühnchen davon läuft und die Körner, die man ihm vorstreut, zu finden weiss, wenn der in Gefangenschaft gehaltene Vogel ohne Vorbild und Anweisung sein Nest baut, wenn endlich selbst der menschliche Säugling ohne besondere Unterweisung die Milch aus der Brust der Mutter saugt, so scheint darin ein zureichender Beweis zu liegen, dass nicht bloß bestimmte Gefühle und Triebe, sondern auch räumliche Vorstellungen und zwar Vorstellungen speciellster Art bei den Thieren und beim Menschen als ein angeborenes Besitzthum der Seele vorkommen. Gleichwohl muss man von diesen Beweisen sagen, dass sie gerade deshalb verdächtig werden, weil sie zu viel beweisen. Wenn das neugeborene Thier wirklich von allen den Handlungen die es vornimmt, im voraus eine Vorstellung besitzt, welch' ein Reichthum anticipirter Lebenserfahrungen liegt dann in den thierischen und menschlichen Instincten, und wie unbegreiflich erscheint es, dass nicht bloß der Mensch, sondern auch die Thiere immerhin das meiste erst durch Erfahrung und Uebung sich aneignen! Denn in Wahrheit ist ja die oft nachgesprochene Behauptung, dass der junge Vogel ohne Vorbild das nämliche Nest baut wie seine Eltern, ebenso unwahr wie die Redensart »das Kind sucht nach der Mutterbrust«[3]. Und wie merkwürdig wäre es dann, dass die Klang-, Licht- und Farbenempfindungen, diese elementarsten und darum häufigsten Elemente unserer Vorstellungen nicht ebenfalls angeboren sind, während doch die Fälle der Blind- und Taubgeborenen, denen diese Sinnesqualitäten fehlen, das Gegentheil bezeugen. Auch ist es seltsam, dass man sich immer nur auf die Aeußerungen von Instincten beruft, deren Entstehung unserer inneren Wahrnehmung völlig entzogen ist, während man an dem einzigen Fall, wo uns über die Entwicklung eines Triebes aus eigener Erfahrung ein Urtheil zustehen könnte, vorübergeht. Dieser Fall ist verwirklicht bei dem Geschlechtstrieb. So sicher nun derselbe zu den angeborenen Instincten gehört, ebenso gewiss ist es, dass die sämmtlichen Vorstellungen, welche im Verlauf seiner Entwicklung zur Geltung kommen, aus der Erfahrung herstammen. Selbst die extremsten Anhänger der angeborenen Ideen werden nicht geneigt sein dem Menschen eine angeborene Kenntniss der Geschlechtsdifferenz zuzuschreiben; und dennoch würde diese Annahme ebenso nothwendig sein wie die angeborene Vorstellung der Mutterbrust bei dem Säugling. Worin bestehen dann aber diejenigen Elemente, die wir bei allen diesen Instincten wirklich als die angeborenen anzusehen haben? Zunächst und unmittelbar nur in der in unserer Organisation gegebenen Anlage zur Entstehung bestimmter Gemeinempfindungen und zur Association bestimmter Bewegungen

1) Leibniz, Nouveaux Essais, I, 1, § 11. Op. phil., p. 210.

2) E. Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte, 4. Aufl., S. 68 ff. Vorsichtiger spricht sich Darwin aus, doch scheint er im ganzen der nämlichen Anschauung zuzuneigt. Vgl. Darwin, Der Ausdruck der Gemüthsbewegungen. Deutsch von J. V. Carus. Stuttgart 1872, S. 367.

3) Vgl. A. R. Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Deutsch von A. B. Meyer. Erlangen 1870, S. 228 f.

mit diesen Gemeinempfindungen. Angeboren ist dem neugeborenen Kinde wie dem neugeborenen Hühnchen die Fähigkeit Hunger zu empfinden und diese Gemeinempfindung mit bestimmten Bewegungen zu verbinden. Der Mechanismus dieser Verbindung mag nun immerhin als eine Einrichtung angesehen werden, die sich erst im Laufe der Generationen in der bestimmten Richtung befestigt hat, nach welcher sie bei einer gegebenen Species wirksam ist: hier fällt gewiss der Vererbung eine wichtige Rolle zu; aber von der Mutterbrust besitzt der Säugling ebenso wenig eine angeborene Vorstellung wie das Hühnchen von den Körnern, die es fressen wird. Bei beiden ist daher in der That die Ausübung des Nahrungstriebes das gemeinsame Erzeugniss ursprünglicher Anlagen der Organisation und frühester Lebenserfahrungen[1]).

Ist demnach eine Entstehung von Vorstellungen im Bewusstsein ohne vorausgegangene sinnliche Erregungen nirgends nachweisbar, sondern im Gegentheil mit aller Erfahrung im Widerspruch, so besitzt dagegen auf der andern Seite die Fähigkeit der Wiedererinnerung an solche Vorstellungen, die irgend einmal während des individuellen Lebens entstanden sind, keine sicher bestimmbare Grenze. Keinem Zweifel unterliegt es, dass längst entschwundene Vorstellungen gelegentlich unter günstigen Bedingungen, oft aber auch ohne dass ein bestimmter Einfluss erkennbar wäre, wieder erinnert werden können[2]). Diese außerordentlichen Fälle dürfen uns aber nicht übersehen lassen, dass sich die große Mehrzahl der einmal in uns erweckten Vorstellungen niemals oder nur in sehr veränderten Verbindungen wieder erneuert. Denn als die entscheidende Bedingung für die Reproduction der Vorstellungen erweist sich überall theils die häufige Wiederholung der betreffenden Sinneseindrücke, theils die intensive Wirkung derselben auf das Bewusstsein. Selbst bei den auffallendsten Beispielen der Erinnerung an längst entschwundene Vorstellungen vermisst man kaum jemals die Spuren einer dereinst vorhanden gewesenen ungewöhnlichen Einübung. Alle Vorstellungen, welche nicht entweder durch äußere Einwirkungen häufig genug erneuert oder willkürlich festgehalten und reproducirt werden, verschwinden unwiederbringlich. Nur ein spärlicher Niederschlag aus der Menge der unaufhörlich kommenden und gehenden Vorstellungen bleibt daher dem Bewusstsein zum fortwährenden Gebrauche verfügbar; und selbst diese geläufiger gewordenen Vorstellungen verändern sich fortwährend in ihrer Zusammensetzung, so dass eine reproducirte Vorstellung, die als Erinnerungsbild einer früher dagewesenen betrachtet wird, zwar dieser ähnlich, niemals aber mit ihr oder auch nur mit irgend einem andern auf die nämliche Vorstellung bezogenen

---

1) Dass die Entwicklung der Raumanschauung vom nämlichen Gesichtspunkte aus zu beurtheilen sei, wurde schon bei den Gesichtsvorstellungen bemerkt (Cap. XIII, S. 233). Auch die von Dönhoff (du Bois-Reymond's Archiv, 1878, S. 388) versuchte Beweisführung dafür, dass neugeborenen Insecten und Vögeln der Typus ihres Nestes vorschwebe, ist nicht bindend. Denn die Alternative, die er aufstellt: entweder wird jede einzelne Bewegung beim Nestbau reflectorisch durch einen sinnlichen Eindruck, oder es wird die ganze Kette von Handlungen durch eine angeborene Vorstellung erzeugt, erschöpft nicht die möglichen Fälle. Der hier übergangene Fall, dass ein Complex sinnlicher Empfindungen eine zusammengesetzte Handlung auslöst, ohne dass die äußern Erfolge dieser Handlung im voraus vorgestellt werden, ist gerade der wahrscheinliche. Vgl. hierzu die unten (Cap. XVIII und XXI) folgende Erörterung der angeborenen Triebe und der Triebbewegungen.

2) Zahlreiche Beispiele dieser Art sind zusammengestellt von Taine, Der Verstand. Deutsche Ausgabe. Bonn 1880, I, S. 64 ff.

Erinnerungsbild identisch ist. Diese Thatsachen weisen deutlich darauf hin, dass die Vorstellungen nicht Wesen sind, welche sich eines unsterblichen Daseins erfreuen, sondern Functionen, welche erlernt, geübt und gelegentlich auch verlernt werden können.

Die Neigung der Psychologen, den Vorstellungen eine unvergängliche Existenz in der unbewussten Seele zuzuschreiben, ist jedenfalls aus dem im Eingang berührten Umstande entstanden, dass wir uns eine aus dem Bewusstsein entschwundene Vorstellung niemals anders denken können, als mit den Eigenschaften, die sie im Bewusstsein besitzt. Diese aus unserer nothwendigen Beschränkung auf das Bewusstsein hervorgehende Art die Vorstellungen aufzufassen überträgt man auf die letzteren selbst. Hierdurch werden dann diese zu Wesen hypostasirt, die nur durch eine Art von Wunder wieder verschwinden könnten. Die richtige Folgerung ist aber offenbar diese, dass wir unmittelbar über die psychische Natur verschwundener Vorstellungen überhaupt nichts auszusagen im Stande sind. Gleichwohl bleiben wir auf die Frage, wie dieselben zu denken seien, nicht ganz ohne Antwort. Der Parallelismus psychischer und physischer Vorgänge hat sich in so weiten Kreisen der inneren Erfahrung bewährt, dass wir auch hier mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, es werde der psychologische Zustand der Vorstellungen im Unbewussten zu ihrem bewussten Dasein in einer ähnlichen Beziehung stehen, wie sich die begleitenden physiologischen Vorgänge oder Zustände zu einander verhalten. Merkwürdigerweise hat man lange Zeit die entgegengesetzte Schlussweise vorgezogen. Man setzte die Fortexistenz der unbewussten Vorstellungen als sicher voraus und folgerte nun, auch der entsprechende physiologische Eindruck im Gehirn müsse fortexistiren. Man nahm also an, dass sich Bilder im Gehirn ablagerten, die nur eine geringere Stärke als die ursprünglichen Bilder besitzen sollten, daher man sie auch als materielle Spuren bezeichnete. Diese Hypothese ist dann wieder in die Psychologie hinübergewandert, wo sie die Annahme entsprechender psychischer Spuren veranlasste[1]).

Ich habe auf die Unzulässigkeit dieser Annahme und auf die Widersprüche, in die sie sich verwickelt, schon früher hingewiesen und bemerkt, dass, da die Vorstellungen nicht Wesen, sondern Functionen sind, auch die zurückbleibenden Spuren nur als functionelle Dispositionen zu denken seien[2]). Man hat eingewandt, hier decke ein scholastischer Ausdruck den mangelnden Begriff. Unter einer solchen functionellen Disposition könne man sich eben nur ein geringgradiges Fortbestehen der Function selbst denken. Auf physischer Seite handle es sich um eine Fortdauer oder eine Uebertragung von Bewegungen, und demgemäß müsse man auch auf psychischer Seite eine Fortdauer der Vorstellungen annehmen[3]). Aber besteht etwa die Einübung einer Muskelgruppe auf eine bestimmte Bewegung in der Fortexistenz geringer Grade eben dieser Bewegung? Zahlreiche früher ausführlich erörterte Erfahrungen zwingen uns anzunehmen, dass analoge Vorgänge der Uebung aller Orten im Nervensystem und in seinen Anhangsorganen stattfinden. Die Veränderungen, die sich dadurch in den Organen vollziehen, haben wir uns aber offenbar als mehr oder weniger bleibende Molecularumlagerungen zu denken, welche von den Bewegungsvor-

1) BENEKE, Lehrbuch der Psychologie, 3. Aufl., S. 64.
2) Vgl. I, S. 217 ff.
3) P. SCHUSTER, Gibt es unbewusste und vererbte Vorstellungen? Leipzig 1879, S. 27

gängen, die durch sie erleichtert werden, an sich ebenso verschieden sind, wie die Lagerung der Chlor- und Stickstoffatome in dem Chlorstickstoff verschieden ist von der explosiven Zersetzung, welche durch sie erleichtert wird. Wenn wir im letzteren Falle sagen, es existire in der Atomverbindung eine Disposition zur Zersetzung, so soll dieses Wort nicht die Erscheinung erklären, sondern nur den Zusammenhang zwischen der Gruppirung der Atome der Verbindung und der durch geringe äußere Anstöße eintretenden explosiven Zersetzung in einem kurzen Ausdruck andeuten. Wo wir nun, wie bei den verwickelt gebauten Apparaten des Nervensystems, von der wirklichen Beschaffenheit der Molecularänderungen, in denen die Uebung besteht, noch keine Kenntniss besitzen, da bleibt uns nur jener allgemeine Ausdruck, welcher jedoch immerhin den guten Sinn besitzt, dass er gegenüber der Annahme zurückbleibender materieller Abdrücke eine zunächst dauernde, aber bei mangelnder Fortübung allmählich wieder schwindende Nachwirkung voraussetzt, die nicht in der Fortdauer der Function selbst besteht, sondern in der Erleichterung ihres Wiedereintritts. Uebertragen wir diese Anschauungsweise aus dem Physischen in das Psychische, so werden demnach nur die bewussten Vorstellungen als wirkliche Vorstellungen anzuerkennen sein, die aus dem Bewusstsein verschwundenen aber werden psychische Dispositionen unbekannter Art zu ihrer Wiedererneuerung zurücklassen. Der wesentliche Unterschied zwischen dem physischen und psychischen Gebiet besteht nur darin, dass wir auf physischer Seite hoffen dürfen die Natur jener bleibenderen Veränderungen, welche wir kurz als Dispositionen bezeichnen, allmählich noch näher kennen zu lernen, während wir uns auf psychischer Seite dieser Hoffnung für alle Zeit entschlagen müssen, da die Grenzen des Bewusstseins zugleich die Schranken unserer inneren Erfahrung bezeichnen. Diesem Verhältniss ist gelegentlich auch der umgekehrte Ausdruck gegeben worden, indem man das Bewusstsein als eine Schranke für die äußere Naturerkenntniss bezeichnete[1]). In dieser Fassung will derselbe die alte, von den materialistischen Systemen freilich immer wieder in den Wind geschlagene Lehre verkünden, dass das Bewusstsein aus irgend welchen materiellen Molecularvorgängen nicht erklärt werden könne. Diese Abwehr stellt sich aber selbst auf einen falschen Standpunkt, weil sie das Bewusstsein als eine Schranke für ein Gebiet bezeichnet, welches von ihm gänzlich verschieden ist. Grenzen können immer nur zwischen Theilen eines und desselben Gebiets oder allenfalls zwischen benachbarten Gebieten vorkommen. Das Bewusstsein und die es begleitenden Gehirnprocesse begrenzen sich aber nicht im mindesten, sondern sie sind, vom Standpunkte der Naturerkenntniss betrachtet, Functionen von an sich unvergleichbarer Art, die im Verhältniss unabänderlicher Coexistenz stehen. Diese Coexistenz ist eine letzte, nicht weiter aufzulösende Thatsache, ähnlich etwa wie die Existenz der Materie für die naturwissenschaftliche Untersuchung.

---

1) E. du Bois-Reymond, Ueber die Grenzen des Naturerkennens. Leipzig 1872. S. 16 ff. Vgl. hierzu auch H. Siebeck, Ueber das Bewusstsein als Schranke des Naturerkennens. Basel 1878.

2. Aufmerksamkeit und Apperception.

Neben dem Gehen und Kommen der Vorstellungen nehmen wir in uns in wechselnder Weise mehr oder weniger deutlich eine Thätigkeit wahr, welche wir Aufmerksamkeit nennen. Subjectiv wird diese Thätigkeit stets von einem eigenthümlichen Gefühl begleitet, das, wie alle einfachen Gefühle und Empfindungen, nicht näher definirt werden kann, das aber in der unmittelbaren Selbstauffassung denjenigen Gefühlen verwandt erscheint, die wir bei jeder Art von Willensthätigkeit in uns finden, und das daher als Thätigkeitsgefühl bezeichnet werden mag. Sehr häufig wird dasselbe, namentlich bei gesteigerter Aufmerksamkeit, durch die sinnlichen Gefühle verstärkt, welche die unten zu erwähnenden im Zustand der Aufmerksamkeit häufig vorhandenen Spannungsempfindungen der Haut und der Muskeln begleiten. Jenes für den Zustand der Aufmerksamkeit charakteristische Gefühl der Thätigkeit steht in einem bestimmten Gegensatze zu einem andern Gefühl, das wir regelmäßig dann in uns finden, wenn ein äußerer Eindruck oder ein aufsteigendes Erinnerungsbild nicht der vorhandenen Disposition der Aufmerksamkeit entspricht, sondern diese plötzlich in eine ihrer bisherigen Thätigkeit entgegengesetzte Richtung zwingt. Das in solchen Fällen vorhandene Gefühl des Erleidens ist natürlich ebenso undefinirbar wie das der Thätigkeit; aber es bildet subjectiv das dem letzteren gegenüberstehende Contrastgefühl, entsprechend jener allgemeinen Gesetzmäßigkeit des Gefühlslebens, dass es kein Gefühl gibt, dem nicht ein contrastirendes Gefühl gegenüberstünde[1]). Abgesehen von diesem Qualitätsgegensatz, unterscheiden sich beide Gefühle auch noch dadurch, dass das Thätigkeitsgefühl regelmäßig den sogleich zu schildernden objectiven Veränderungen des Vorstellungsinhaltes unseres Bewusstseins vorausgeht, während das Gefühl des Erleidens in seinem Entstehungsmoment den vorhandenen Bewusstseinszustand plötzlich und unvermittelt unterbricht. Dies ist offenbar der Grund, weshalb wir im allgemeinen die unter der Mitwirkung des Thätigkeitsgefühls zu Stande kommenden Vorstellungsprocesse als selbsterzeugte oder, wo es sich um äußere Eindrücke handelt, als von uns bevorzugte auffassen, während uns die von dem Gefühl des Erleidens begleiteten als ohne unser Zuthun entstandene erscheinen. Natürlich aber schließt dieser Gegensatz nicht aus, dass nicht nachträglich die mit dem letzteren Gefühl in uns auftauchenden Vorstellungen zu Objecten der Aufmerksamkeit werden; ja es ist dies, sobald nur den Eindrücken eine zureichende Intensität oder ein ihre Auf-

1) Vgl. I, S. 555 ff.

fassung begünstigender Gefühlswerth zukommt, der gewöhnliche Verlauf der Erscheinungen. Es geht dann aber auch sofort das Gefühl des Erleidens in ein Thätigkeitsgefühl über. Doch bleibt der Unterschied, dass in der durch diese Gefühle bestimmten Auffassung der Erscheinungen im ersten Fall der eintretende Vorstellungseffect als ein von uns gewollter, durch eigene Thätigkeit herbeigeführter, im zweiten als ein passiv erlebter aufgefasst wird, weil eben hier in der Gefühlsfolge der Vorgang als ein ursprünglich gegebener erscheint, der dann erst nachträglich die eigene Thätigkeit auslöst.

In ihrer objectiven Wirkung gibt sich die Aufmerksamkeit dadurch zu erkennen, dass das Bewusstsein den Zusammenhang der Vorstellungen, auf den es sich bezieht, keineswegs zu jeder Zeit in gleicher Weise gegenwärtig hat, sondern dass es bestimmten Vorstellungen in höherem Grade zugewandt ist als anderen. Diese Eigenschaft lässt sich durch die Vergleichung mit dem Blickfeld des Auges verdeutlichen, indem man dabei von jener bildlichen Ausdrucksweise Gebrauch macht, welche das Bewusstsein ein inneres Sehen nennt. Sagen wir von den in einem gegebenen Moment gegenwärtigen Vorstellungen, sie befänden sich im Blickfeld des Bewusstseins, so kann man denjenigen Theil des letzteren, welchem die Aufmerksamkeit zugekehrt ist, als den inneren Blickpunkt bezeichnen. Den Eintritt einer Vorstellung in das innere Blickfeld wollen wir die Perception, ihren Eintritt in den Blickpunkt die Apperception nennen[1]. Ist die Apperception von Anfang an von dem subjectiven Gefühl der Thätigkeit begleitet, so bezeichnen wir sie als eine active; geht dagegen dieses Gefühl erst aus einem ursprünglich vorhandenen entgegengesetzten Gefühl des Erleidens hervor, so wollen wir sie eine passive nennen. In ihrer Beziehung zu den sie bedingenden Vorstellungen unterscheiden sich beide Apperceptionsformen dadurch, dass uns bei der passiven die Vorstellung selbst als die Ursache ihrer Apperception erscheint, während sich uns bei der activen jener vorausgehende Zustand des Bewusstseins, welcher durch das Gefühl der Thätigkeit ausgezeichnet ist, als eine

---

1) Leibniz, der den Begriff der Apperception in die Philosophie einführte, versteht darunter den Eintritt der Perception in das Selbstbewusstsein. (Opera philosophica ed. Erdmann, p. 715.) Menti tribuitur apperceptio, wie Wolff es ausdrückt, quatenus perceptionis suae sibi conscia est (Psychologia empir. § 25). Da sich aber entschieden das Bedürfniss geltend macht, neben dem einfachen Bewusstwerden einer Vorstellung, der Perception, die Erfassung derselben durch die Aufmerksamkeit mit einem besonderen Namen zu belegen, so sei es mir gestattet, den Ausdruck »Apperception« in diesem erweiterten Sinne zu gebrauchen. Die Selbstauffassung ist nämlich immer auch Erfassung durch die Aufmerksamkeit, die letztere ist aber nicht nothwendig auch Selbstauffassung. Schon Herbart hat die Nöthigung empfunden, den Begriff der Apperception zu verändern, jedoch in einer Weise, der wir uns hier nicht anschließen können. Vgl. darüber Cap. XVII, sowie die historisch-kritische Erörterung über die Entwicklung dieses wichtigen Begriffs von Otto Staude, Phil. Stud., I, S. 149 ff.

Gesammtursache aufdrängt, die wir unmittelbar zunächst nur in der Form jenes Gefühls wahrnehmen und höchstens durch eine nachträglich sich anschließende Reflexion in einzelne Componenten zu zerlegen im Stande sind.

Der innere Blickpunkt kann sich successiv den verschiedenen Theilen des inneren Blickfeldes zuwenden. Zugleich kann er sich jedoch, verschieden von dem Blickpunkt des äußeren Auges, verengern und erweitern, wobei immer seine Helligkeit abwechselnd zu- und abnimmt. Streng genommen ist er also kein Punkt, sondern ein Feld von etwas veränderlicher Ausdehnung. Immer jedoch bildet dieses Feld der Apperception eine einheitliche Vorstellung, indem wir die einzelnen Theile desselben zu einem Ganzen verbinden. So verbindet die Apperception eine Mehrheit von Schalleindrücken zu einer Klang- oder Geräuschvorstellung, eine Mehrzahl von Sehobjecten zu einem Gesichtsbild. Soll eine möglichst deutliche Auffassung stattfinden, so muss außerdem die Zahl der Bestandtheile, aus denen sich die Vorstellung zusammensetzt, eine beschränkte sein. Je enger und heller hierbei der Blickpunkt ist, in um so größerem Dunkel befindet sich das übrige Blickfeld. Am leichtesten lassen sich diese Eigenschaften nachweisen, wenn man das äußere Sehfeld des Auges zum Gegenstand der Beobachtung nimmt, wo durch das Hülfsmittel einer instantanen Erleuchtung die Beobachtung auf Vorstellungen eingeschränkt werden kann, die nur während einer sehr kurzen Zeit dem Bewusstsein gegeben sind. Dabei wird der Blickpunkt des Sehfeldes vermöge seiner schärferen Empfindung auch vorzugsweise zum Blickpunkt des Bewusstseins gewählt; doch lässt sich leicht die abwechselnde Verengerung und Erweiterung des letzteren bemerken. Von einer Druckschrift z. B. kann man, wenn es sich nur darum handelt dieselbe zu lesen, mehrere Wörter auf einmal erkennen. Will man dagegen die genaue Form eines einzelnen Buchstabens bestimmen, so treten schon die übrigen Buchstaben desselben Wortes in ein Halbdunkel. Durch willkürliche Lenkung der Aufmerksamkeit gelingt es übrigens, wie schon Helmholtz[1]) bemerkt hat, auch auf indirect gesehene Theile des Objectes den Blickpunkt der Aufmerksamkeit zu verlegen; in diesem Fall wird das direct Gesehene verdunkelt. Complicirtere Formen erfassen wir immer erst nach mehreren momentanen Erleuchtungen, bei deren jeder sich in der Regel der äußere und der innere Blickpunkt einem andern Theile des Sehfeldes zuwenden. Man kann aber auch willkürlich den äußeren Blickpunkt festhalten und bloß den inneren über das Object wandern lassen. Bei diesem Versuch stellt sich dann die weitere Eigenschaft desselben heraus, dass mit zunehmender

1) Physiologische Optik, S. 741.

Dauer oder Wiederholung der Eindrücke seine Ausdehnung wächst, ohne dass, wie bei der wechselnden Auffassung momentaner Reize, seine Helligkeit in entsprechendem Maße vermindert wird. An Schalleindrücken lassen sich im allgemeinen die nämlichen Verhältnisse darlegen. Es eignen sich dazu vorzugsweise harmonische Zusammenklänge. Auch hier kann der Blickpunkt von einem Klang zum andern übergehen, sich erweitern und verengern, und mit wachsender Dauer des Eindrucks wächst die Zahl der Töne, die gleichzeitig deutlich wahrgenommen werden können.

Die Auffassung disparater Eindrücke wird von den gleichen Gesetzen der Aufmerksamkeit beherrscht. Hierbei gilt aber außerdem die Regel, dass die gleichzeitig in den Blickpunkt des Bewusstseins tretenden Einzelvorstellungen immer Bestandtheile einer complexen Vorstellung bilden. Wenn man z. B. den Gang eines vor einer Scala geräuschlos schwingenden Pendels verfolgt und gleichzeitig in regelmäßigen Intervallen durch eine ganz andere Vorrichtung einen Schall entstehen lässt, so gelingt es unter Umständen mit der Vorstellung eines bestimmten Pendelstandes die des gleichzeitig gehörten Schalls zu verbinden. Man bringt dann den letzteren in unmittelbare Verbindung mit dem Gesichtsbilde, ist aber nicht im Stande gleichzeitig mit dem Pendel etwa das Bild des auf eine Glocke herabfallenden Hammers, der den Schall hervorbringt, in den inneren Blickpunkt zu verlegen. Wir vereinigen also auch dann gleichzeitig erfasste disparate Einzelvorstellungen zu einer Complexion, wenn dieselben in Wirklichkeit von verschiedenen äußeren Objecten herrühren. Dieser Verschiedenheit werden wir uns erst bewusst, indem wir den inneren Blickpunkt vom einen zum andern Objecte wandern lassen.

Die Einflüsse, welche die Apperception lenken, sind theils äußere theils innere. Stärke der Eindrücke, Fixation der Gesichtsobjecte, Bewegung der Augen längs der begrenzenden Conturen stehen hier in erster Linie. Aus einer Summe gleichzeitiger Eindrücke treten vorzugsweise solche in den Blickpunkt des Bewusstseins, die kurz zuvor gesondert zur Vorstellung gelangt waren. So hören wir aus einem Zusammenklang einen vorher für sich angegebenen Ton besonders deutlich. Auf dieselbe Weise überzeugen wir uns von der Existenz der Obertöne und Combinationstöne. Wegen der Schwäche dieser Theiltöne vermögen wir in der Regel nicht mehr als einen einzigen auf einmal deutlich zu hören, gemäß dem Gesetze, dass der Blickpunkt des Bewusstseins um so enger ist, zu je größerer Intensität die Aufmerksamkeit gesteigert wird. Man sieht hierbei zugleich, dass der Grad der Apperception nicht nach der Stärke des äußeren Eindrucks, sondern nur nach der subjectiven Thätigkeit zu bemessen ist, durch welche sich das Bewusstsein einem bestimmten Sinnesreiz zuwendet.

Dies führt uns unmittelbar auf die inneren Bedingungen der Aufmerksamkeit. Gehen wir von der zuletzt besprochenen Beobachtung aus, so kann das geübte Ohr einen schwachen Theilton eines Klanges bekanntlich auch dann wahrnehmen, wenn derselbe ihm nicht zuvor als gesonderter Eindruck gegeben wurde. Bei näherer Beobachtung findet man aber stets, dass man sich in diesem Fall zunächst das Erinnerungsbild des zu hörenden Tones zurückruft und ihn dann erst aus dem ganzen Klang heraushört. Aehnliches bemerken wir bei schwachen oder schnell vorübergehenden Gesichtseindrücken. Beleuchtet man eine Zeichnung mit elektrischen Funken, die in längeren Zeiträumen auf einander folgen, so erkennt man nach dem ersten und manchmal auch nach dem zweiten und dritten Funken fast gar nichts. Aber das undeutliche Bild hält man im Gedächtniss fest; jede folgende Erleuchtung vervollständigt dasselbe, und so gelingt allmählich eine klarere Auffassung. Das nächste Motiv zu dieser innern Thätigkeit geht meistens von dem äußern Eindruck selbst aus. Wir hören einen Klang, in welchem wir vermöge gewisser Associationen einen bestimmten Oberton vermuthen; nun erst vergegenwärtigen wir uns denselben im Erinnerungsbilde und merken ihn dann auch alsbald aus dem gehörten Klang heraus. Oder wir sehen irgend eine aus früherer Erfahrung bekannte Mineralsubstanz; der Eindruck weckt das Erinnerungsbild, welches wieder mehr oder weniger vollständig mit dem unmittelbaren Eindruck verschmilzt. Auf diese Weise bedarf jede Vorstellung einer gewissen Zeit, um zum Blickpunkt des Bewusstseins hindurchzudringen. Während dessen finden wir stets in uns das oben erwähnte Gefühl der Thätigkeit. Dasselbe ist um so lebhafter, je mehr sich der Blickpunkt des Bewusstseins concentrirt, und es pflegt in diesem Falle noch fortzudauern, auch wenn die Vorstellung vollkommen klar vor dem Bewusstsein steht. Am deutlichsten ist es jedoch im Zustande des Besinnens oder der Spannung auf einen erwarteten Eindruck. Zugleich bemerkt man hierbei, dass sich bestimmte sinnliche Empfindungen betheiligen. FECHNER, der hierauf schon hinwies, hebt hervor, dass wir beim Aufmerken auf äußere Sinneseindrücke in den betreffenden Sinnesorganen, also in den Ohren beim Hören, in den Augen beim Sehen, eine Spannung wahrnehmen; der Ausdruck gespannte Aufmerksamkeit ist wohl selbst dieser Empfindung entnommen. Bei dem Besinnen auf Erinnerungsbilder zieht sich dieselbe auf die das Gehirn umschließenden Theile des Kopfes zurück[1]. Ohne Zweifel handelt es sich in beiden Fällen um eine Spannungsempfindung der Muskeln. Wenn äußere Eindrücke von bekannter Beschaffenheit erwartet werden, so sind diese Empfindungen deutlich von der Stärke derselben abhängig.

1) FECHNER, Elemente der Psychophysik, II, S. 475.

Diese Erscheinungen zeigen, dass eine Anpassung der Aufmerksamkeit an den Eindruck stattfindet. Die Ueberraschung, die uns unerwartete Reize bereiten, entspringen wesentlich daraus, dass bei ihnen die Aufmerksamkeit im Moment, wo der Eindruck erfolgt, demselben noch nicht accommodirt ist. Die Anpassung selbst ist aber eine doppelte: sie bezieht sich sowohl auf die Qualität wie auf die Intensität der Reize. Verschiedenartige Sinneseindrücke bedürfen abweichender Anpassungen. Ebenso bemerken wir, dass der Grad der Spannungsempfindung gleichen Schritt hält mit der Stärke der Eindrücke, deren Apperception wir vollziehen. Von der Genauigkeit dieser Anpassung hängt die Schärfe der Apperception ab. Diese ist scharf, wenn die Spannung der Aufmerksamkeit der Stärke des Eindrucks genau entspricht. Die Klarheit einer Vorstellung, mag diese nun eine Sinneswahrnehmung oder ein Erinnerungsbild sein, wird gleichzeitig durch die Stärke ihrer Empfindungselemente und durch die Schärfe ihrer Apperception bedingt. Ein Eindruck muss stark genug sein, um eine deutliche Auffassung zuzulassen, und gleichzeitig muss eine möglichst vollständige Anpassung der Aufmerksamkeit an ihn stattfinden. Vermöge beider Momente bietet eine mittlere Intensität der Empfindungen die günstigsten Bedingungen für die Klarheit der Vorstellungen, da auch die übermäßige Stärke eines Eindrucks die Anpassung an denselben erschwert. Neben der Klarheit ist endlich der Grad der Deutlichkeit eine wichtige Eigenschaft der appercipirten Vorstellungen. Deutlich nennen wir eine Vorstellung, wenn sie von andern im Bewusstsein anwesenden scharf unterschieden wird. Die Klarheit bezieht sich demnach auf die eigene Beschaffenheit der Vorstellungen, die Deutlichkeit auf ihr Verhältniss zu anderen Vorstellungen. Ein gewisser Grad der Klarheit ist zur Deutlichkeit erforderlich; diese ist aber außerdem noch von anderen Bedingungen abhängig, welche die Unterscheidung der einzelnen Vorstellungen beeinflussen. Die Begriffe der Schärfe der Auffassung, der Klarheit und Deutlichkeit der Vorstellungen sind demnach, wie sie ursprünglich der äußeren Sinnesempfindung entnommen sind, so auch in der nämlichen Bedeutung anzuwenden wie hier. Wir sehen aber scharf, wenn unser Auge für den Lichteindruck gut adaptirt ist; wir sehen klar, wenn zu der richtigen Einstellung auch noch die zureichende Stärke des Lichtes kommt, und wir sehen deutlich, wenn wir die einzelnen Gegenstände genau zu unterscheiden im Stande sind.

Da die Stärke der Empfindungselemente einer Vorstellung auf die Klarheit einen zweifellosen Einfluss ausübt, so sind nicht selten beide Begriffe mit einander vermengt oder sogar für identisch gehalten worden. Streng genommen kann aber immer nur von der Stärke der Empfindungselemente, nicht von der Stärke der Vorstellung selbst die Rede sein, da

in diese im allgemeinen Empfindungsinhalte von sehr verschiedener Stärke einzugehen pflegen. Umgekehrt dagegen sind Klarheit und Deutlichkeit ausschließlich Eigenschaften der Vorstellungen, die auf Empfindungen nur übertragen werden können, indem diese als Vorstellungsbestandtheile gedacht werden. Die wesentliche Verschiedenheit der Klarheit einer Vorstellung von der Stärke ihrer Empfindungsinhalte verräth sich vor allem darin, dass eine Zu- und Abnahme der Klarheit ohne eine gleichzeitige Zu- und Abnahme der Empfindungsstärke stattfinden kann. Dies ist besonders bei sehr schwachen Eindrücken nachzuweisen, welche der Reizschwelle naheliegen. Bestände die Klarheitszunahme einer Vorstellung in irgend einer regelmäßigen, wenn auch nur minimalen Verstärkung, so müsste sich dies in einer deutlichen Erhebung über die Reizschwelle, ebenso die Klarheitsabnahme in einem Sinken unter dieselbe verrathen. Ein dunkler werdender schwacher Eindruck hört aber nicht auf wahrnehmbar zu sein, und das Klarerwerden desselben wird in der Regel deutlich von einem Stärkerwerden unterschieden. Lässt man z. B. einen continuirlich andauernden Reiz auf ein Sinnesorgan einwirken, so ist es, auch wenn der Reiz keine Ermüdung des Sinnesorganes hervorbringt, doch unmöglich denselben fortdauernd gleich klar und deutlich zu appercipiren sondern man bemerkt bei dem Versuch die Aufmerksamkeit auf ihn zu spannen einen fortwährenden Wechsel der Klarheit, und dieser Wechsel wird als ein Vorgang aufgefasst, der von etwa absichtlich herbeigeführten objectiven Intensitätsschwankungen des Reizes verschieden ist. Lässt man ferner in einer Periode der Verdunkelung des Eindrucks diesen ganz unterbrechen, so wird dies ebenfalls wahrgenommen, und man bemerkt dann zugleich, dass der Reiz in den Momenten der Verdunkelung in unverminderter Stärke auf das Bewusstsein eingewirkt hat[1]. Sind auf diese Weise Klarheit und Stärke der Eindrücke durchaus von einander verschieden, so wird demnach auch der Begriff der Reizschwelle, wenn wir ihn auf das Bewusstsein übertragen, hier eine doppelte Bedeutung annehmen. Als Intensitätsschwelle hat er die Bedeutung einer Bewusstseinsschwelle, insofern der Eintritt in das Bewusstsein oder die Perception einer Vorstellung lediglich von der Intensität ihres Empfindungsinhaltes abhängt. Davon verschieden ist die Klarheitsschwelle der Vorstellungen: sie ist eine Aufmerksamkeits- oder Apperceptionsschwelle. Nur Eindrücke, welche über der Intensitätsschwelle liegen, können die Apperceptionsschwelle überschreiten; aber damit dies geschehe, muss die subjective Function der Aufmerksamkeit hinzukommen Wie der Eindruck, der die Perceptionsschwelle überschritten hat, von da

1) Hugo Eckener, Phil. Stud. VIII, S. 361 ff.

an noch alle Intensitätsgrade bis zur Reizhöhe durchlaufen kann, so kann der Eindruck, der sich über die Apperceptionsschwelle erhebt, von da an noch verschiedene Grade der Klarheit erreichen. Ein Eindruck aber, der unter die Apperceptionsschwelle gesunken ist, verschwindet damit noch nicht aus dem Bewusstsein, und seine Fortexistenz in diesem kann daher in jedem Augenblick wieder Inhalt der Apperception werden. Auch wenn dies nicht geschieht, übt er jedoch, wie jeder Bewusstseinsinhalt, auf die Aufmerksamkeit eine Gefühlswirkung aus, an der in der Regel sein Aufhören sofort bemerkt wird. (Vgl. I, S. 588.)

Steht es demnach fest, dass das Klarer- und das Stärkerwerden eines Eindrucks in vielen Fällen unabhängig vorkommende und subjectiv wohl zu unterscheidende Vorgänge sind, so schließt dies nun aber nicht aus, dass beide einen gewissen Einfluss auf einander äußern können. In Betreff des Einflusses der Stärke auf die Klarheit ist dies schon oben bemerkt worden: ein intensiver Eindruck wird in der Regel, sofern nicht besondere Dispositionen entgegenwirken, klarer appercipirt als ein schwacher. Aber unzweifelhaft kann auch in der umgekehrten Richtung ein gewisser Einfluss stattfinden. So bemerkt man, wenn ein Reiz das Bewusstsein bei großer Unaufmerksamkeit trifft und dann in gleicher Stärke wiederholt wird, wie z. B. beim unerwarteten Stundenschlag einer Thurmuhr, dass der zweite Eindruck entschieden nicht bloß deutlicher, sondern scheinbar auch intensiver wahrgenommen wird. Das nämliche zeigt sich, wenn man sich willkürlich anstrengt, Erinnerungs- und Phantasiebilder zu erwecken und möglichst intensiv im Bewusstsein festzuhalten. Die Fähigkeit hierzu ist freilich individuell sehr verschieden, und manchen Personen scheint es überhaupt nur zu gelingen, zwar die Klarheit, nicht aber die Intensität solcher Erinnerungsbilder in merklichem Grade zu vergrößern. In vielen Fällen ist aber diese Fähigkeit vorhanden, und sie scheint zuweilen so groß zu sein, dass das Phantasiebild schließlich die Stärke eines Phantasmas erreicht[1]). Dennoch zeigen auch diese Fälle deutlich, dass die Klarheits- und die Stärkezunahme keineswegs zusammenfallende Vorgänge sind. Dies spricht sich darin aus, dass die Zunahme der Klarheit derjenigen der Stärke vorangeht, und dass die letztere immer erst nach längerer Zeit und in Begleitung starker Spannungsempfindungen zu Stande kommt, wobei zugleich die Art der Muskelerregung genau der Form der appercipirten Vorstellung entsprechen muss. So richten sich die eine Gesichtsvorstellung begleitenden Bewegungsempfindungen des Auges nach den Begrenzungslinien des Gegenstandes; bei hohen und tiefen Tönen wechselt die

1) Fechner, Psychophysik, II, S. 471. H. Meyer, Unters. über die Physiol. der Nervenfaser, S. 237 ff. Vergl. auch G. E. Müller, Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit. Diss. Leipzig 1873, S. 46 ff.

Innervation des Trommelfellspanners und zumeist auch die gleichzeitige Innervation der Kehlkopfmuskeln. Diese Umstände machen es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass jene unter bestimmten Bedingungen im Gefolge der Klarheitszunahme eintretende Verstärkung der Empfindungen eine secundäre Wirkung ist, welche durch gewisse Begleiterscheinungen der Aufmerksamkeit herbeigeführt werden kann, aber nicht nothwendig herbeigeführt werden muss, sei es weil diese als die nächsten Ursachen anzusehenden Bedingungen nicht regelmäßig die Apperception begleiten, sei es weil sie in besonderer Stärke entwickelt sein müssen, um jenen Erfolg zu haben. In der That legt nun die Thatsache der begleitenden Muskelerregungen und Spannungsempfindungen eine Interpretation nahe, welche die Art und Weise, wie die gelegentliche Verstärkung der Empfindungen und die engen Grenzen, in denen sie eintritt, leicht begreiflich macht. Wir werden uns nämlich offenbar diesen Vorgang am einfachsten als einen von den Muskelerregungen und Bewegungsempfindungen ausgehenden Associationsprocess denken können. Mit den Spannungsempfindungen des Auges z. B. associiren sich die entsprechenden Gesichtsvorstellungen, und je mehr durch willkürliche Steigerung die Spannungsempfindung anwächst, um so mehr kann sich auch der Empfindungsinhalt des Erinnerungsbildes verstärken. Hierbei kommt nun aber wahrscheinlich noch eine andere Bedingung dieser verstärkenden Wirkung zu Hülfe. Je gespannter die Aufmerksamkeit ist, um so mehr beschränkt sie sich zugleich, wie oben bemerkt, auf eine einzige oder auf wenige mit einander zusammenhängende Vorstellungen. Diese Beschränkung kann psychologisch (und ohne Zweifel auch physiologisch) nur als ein Hemmungsvorgang aufgefasst werden, durch den anderen Eindrücken die Apperception erschwert wird. In Folge dieser Hemmung wird sich dann aber auch die verstärkende Wirkung, welche die Spannungsempfindungen ausüben, einseitig auf die appercipirte Vorstellung beschränken und einen Abfluss der Erregungen auf andere, associativ ebenfalls mit ihnen verbundene Erinnerungsbilder verhüten. Hiernach lässt sich der gesammte Process der Aufmerksamkeit in folgende Theilvorgänge zerlegen: 1) Klarheitszunahme einer bestimmten Vorstellung oder Vorstellungsgruppe, verbunden mit dem von Anfang an für den ganzen Process charakteristischen Thätigkeitsgefühl, 2) Hemmung anderer disponibler Eindrücke oder Erinnerungsbilder, 3) muskuläre Spannungsempfindungen mit daran gebundenen das primäre Gefühl verstärkenden sinnlichen Gefühlen, 4) verstärkende Wirkung dieser Spannungsempfindungen auf die Empfindungsinhalte der appercipirten Vorstellung durch associative Miterregung. Von diesen vier Theilvorgängen sind aber nur der erste und der zweite wesentliche Bestandtheile eines jeden Apper-

ceptionsvorgangs. Schon der dritte kann fehlen oder von sehr geringer Stärke sein; der vierte ist nur dann nachzuweisen, wenn der vorige, dem er als secundäre Wirkung nachfolgt, eine gewisse Dauer und Stärke erreicht.

Von den durch diese psychologischen Beobachtungen gewonnenen Gesichtspunkten aus werden nun die an früheren Orten mehrfach berührten physiologischen Substrate der Aufmerksamkeitsvorgänge zu beurtheilen sein, wobei freilich beachtet werden muss, dass, abgesehen von den spärlichen Andeutungen, die aus den Functionsstörungen nach Eingriffen in die vorderen Rindenregionen des Großhirns entnommen werden können (I, S. 227), alle hier möglichen Vorstellungen zunächst hypothetische sind, die sich lediglich auf den psychologischen Thatbestand sowie auf das Postulat der Gültigkeit des psychophysischen Parallelismus stützen müssen. Offenbar liegt es an der Hand des früher entworfenen Schemas am nächsten, die Perception eines Eindrucks als unmittelbar zusammenfallend mit der Erregung des zugehörigen Sinnescentrums *SC* oder *HC* Fig. 71 (I, S. 231) anzusehen, so dass Erregung des Rindencentrums eines Sinnesorgans und Erhebung über die Schwelle des Bewusstseins die beiden Seiten eines und desselben psychophysischen Vorgangs sind. Nun nahmen wir früher bereits an, dass jede solche centrale Sinneserregung auf centripetalen Leitungswegen *ss'hh'* auf das Apperceptionscentrum *AC* einwirkt, dass aber eine wirkliche Erregung desselben nur unter begünstigenden Bedingungen stattfinden kann. Als solche Bedingungen sind von psychischer Seite die Residuen vorangegangener Vorstellungen und Willensrichtungen anzusehen, die wir allgemein als die Motive eines Aufmerksamkeitsactes bezeichnen. Ihnen werden physische Dispositionen parallel gehen, die von vorangegangenen Apperceptionen her in dem Centrum *AC* zurückgeblieben sind. Liegen diese Dispositionen für eine bestimmte Erregung ungünstig, so wird sie in *AC* gehemmt oder vermag doch nur bei ungewöhnlicher Intensität des Eindrucks die Hemmung zu durchbrechen. Liegen dagegen die Dispositionen günstig, so entsteht eine dem Eindruck in *SC* oder *HC* entsprechende Erregung, die nun in *AC* jene weiteren Erregungsvorgänge auslöst, die wir erst als den eigentlichen Aufmerksamkeitsvorgang betrachten, und denen gegenüber wir daher jenen ersten auslösenden Reiz als einen Signalreiz bezeichnen können. Alle jene in *AC* ausgelösten Erregungen bilden nun aber nicht neue Bewusstseinsinhalte, sondern sie sind immer nur im Stande entweder auf die directen Rindencentren irgendwie einzuwirken und so in diesen Erregungen und damit Bewusstseinsinhalte zu erzeugen, oder auch an den hier an und für sich schon gegebenen irgend welche Veränderungen hervorzubringen. In dieser Beziehung unterscheiden sich aber wesentlich die motorischen

und die centrifugal-sensorischen Wirkungen. Die ersteren werden wir uns nach den offenkundigen Begleiterscheinungen der Aufmerksamkeit am einfachsten als von dem Apperceptionsorgan ausgehende, durch den Signalreiz ausgelöste erregende Wirkungen denken, die ihre Beziehung zum auslösenden Signalreiz darin verrathen, dass sie den appercipirten Vorstellungen genau angepasst sind, also bei äußeren Eindrücken namentlich in der gehörigen Adaptation der motorischen Hülfsorgane der Sinnesapparate an den Eindruck bestehen. Diese Wirkungen sind dadurch ausgezeichnet, dass auf sie auch schon eine durch bloße Erinnerungsbilder im Apperceptionsorgan erzeugte Disposition auslösend wirken kann, ein Vorgang, der überall da stattfindet, wo eine vorbereitende d. h. dem wirklichen Eindruck vorauseilende Spannung der Aufmerksamkeit eintritt. Eben-können nun aber die in den motorischen Hülfsapparaten entstehenden Muskelempfindungen als sensorische Vorgänge ihrerseits wieder auf die Dispositionen der Sinnescentren erregend einwirken und so die oben erwähnte associative Verstärkung der appercipirten Vorstellung hervorbringen. Minder unzweideutig verhalten sich die Wirkungen des Centrums *AC* auf die directen Sinnescentren. Nach den allgemeinen Principien centraler Erregung könnte man hier sowohl an eine erregende wie an eine hemmende Wirkung denken, die durch die centrifugalen Leitungen ... vermittelt werde. Aber angesichts der Thatsache, dass die Zunahme der Klarheit, um die es sich hier handelt, von einer Zunahme der Empfindungsstärke völlig verschieden ist, hat die erste dieser Voraussetzungen offenbar wenig Wahrscheinlichkeit. Müsste man doch, um sie durchzuführen, den Erregungseffect dieser centralen Leitungen als einen von sonstigen Erregungseffecten qualitativ abweichenden auffassen, was nicht nur mit dem Princip der Gleichartigkeit der elementaren Functionen, sondern auch mit der Thatsache im Widerspruch stünde, dass die motorischen Wirkungen des Centrums *AC* ganz und gar den sonstigen motorischen Erregungen gleichen. Dagegen steht durchaus nichts im Wege, den Effect der apperceptiven Erregung der Sinnescentren als einen hemmenden zu deuten. Auch diese Hemmung wird aber freilich aus den nämlichen Gründen wiederum nicht als eine Herabsetzung gewisser Erregungen im Sinnescentrum aufzufassen sein, sondern sie wird darin bestehen, dass in Folge der auslösenden Wirkung des Signalreizes der Zufluss anderer Signalreize zum Apperceptionscentrum gehemmt wird. Damit stimmt es vollkommen überein, dass sich der Blickpunkt der Aufmerksamkeit mit dem Grade derselben verengert, und dass er sich dagegen durch Einübung auf bestimmte Vorstellungen für diese erweitern kann.

Die geschilderten Wirkungen der Aufmerksamkeit auf den Vor-

lungsinhalt des Bewusstseins unterscheiden sich nun bei den oben einander gegenübergestellten Formen der activen und der passiven Apperception nicht ihrer Art, sondern nur ihrem Grade nach. Dies erklärt sich wohl daraus, dass auch bei der passiven Apperception jene Wirkung auf den Vorstellungsinhalt dem zweiten Stadium des Vorgangs angehört, in welchem auch subjectiv das Gefühl des Erleidens in einem gewissen Grade dem der Thätigkeit Platz macht; und es steht so diese Thatsache unmittelbar mit der andern in Zusammenhang, dass der activen regelmäßig eine passive Apperception vorausgeht, indem wir einen Eindruck zuerst unter dem Gefühl des Erleidens aufnehmen, worauf dann erst die mit dem Thätigkeitsgefühl verbundenen Aufmerksamkeitsvorgänge ausgelöst werden. Aus jenen objectiven Wirkungen wird zu schließen sein, dass ein solcher Uebergang spurweise immer stattfindet, nur dass es in den Fällen, wo ein bestimmter Eindruck sofort durch einen andern ebenfalls passiv hingenommenen abgelöst wird, nicht zu einer continuirlichen Function der Aufmerksamkeit in einer gegebenen Richtung kommt. Demnach unterscheidet sich objectiv die passive von der activen Apperception lediglich durch den geringeren Klarheitsgrad der Vorstellungen, durch die völlig mangelnden oder nur spurweisen und rasch vergehenden Symptome motorischer Innervation und der von dieser ausgehenden associativen Verstärkung der Empfindungen. Uebertragen wir diese psychologischen Unterschiede auf die begleitenden physiologischen Vorgänge, so wird demnach auch bei der passiven Apperception eine Erregung des Centrums AC durch den Signalreiz anzunehmen sein, aber dieser wird hier, da er keine ihm adäquaten Dispositionen antrifft, zunächst nur eine Störung der Bewusstseinslage, die er vorfindet, hervorbringen, eine Störung, die wir als das physiologische Substrat für das Gefühl des Erleidens betrachten können, worauf sich dann erst weiterhin die von dem Signalreiz ausgehenden hemmenden und erregenden Wirkungen, aber meist in geringerer Stärke, und darum mit vermindertem Thätigkeitsgefühl anschließen.

Nach allen diesen Erscheinungen, die sich bei dem Vorgang der Apperception darbieten, und insbesondere auch nach den eigenthümlichen Unterschieden, die uns in den beiden zuletzt besprochenen Formen dieses Vorgangs entgegentreten, fällt derselbe durchaus in das Gebiet der Willenshandlungen. Wir werden später (in Cap. XX) als die wesentlichen Kriterien der Willensthätigkeit kennen lernen: 1) eine vorausgehende gefühlsstarke Vorstellung, welche von dem Handelnden als Motiv seines Wollens unmittelbar aufgefasst wird: sie ist bei der Apperception bald in den äußeren Eindrücken, bald in bestimmten Erinnerungsbildern gegeben, mit denen sich die oben geschilderten Initialgefühle verbinden; 2) irgend welche Veränderungen im Bewusstseinsinhalt, die als die Wirkungen jenes

Motivs erscheinen: sie bestehen bei dem Apperceptionsacte in der Zu-
nahme der Klarheit bestimmter Vorstellungen, an welche sich dann weiterhin
Veränderungen im Vorstellungsverlaufe anschließen können. Nach den
bei der passiven Apperception vorliegenden Bedingungen muss ferner diese
als die einfachere Apperceptionsform angesehen werden, aus der sich die
active in Folge der Ausbildung von Dispositionen des Bewusstseins, die
künftige Apperceptionsacte vorbereiten, hervorbildet. Bei jener passiven
Form ist aber vermöge ihrer Entstehung stets nur *ein* Vorstellungsmotiv
vorhanden, welches die nachfolgende Thätigkeit bestimmt. Bei der activen
dagegen werden die durch die vorangegangene Ausbildung entstandenen
Motivanlagen bestimmend für die einzelne Thätigkeit; da nun hier stets
eine Vielzahl solcher Motivanlagen für jede mögliche Richtung des see-
lischen Lebens vorhanden ist, und da überdies in diesem Falle jeder
Auffassung ein Stadium vorbereitender Einstellung vorangeht, so erscheint
der Vollzug der activen Apperception zugleich als eine *Wahl* zwischen
verschiedenen Motiven. Auf diese Weise sind die zwei Grundformen des
Wollens: das *einfache oder triebartige Wollen* und das *zusammen-
gesetzte Wollen oder die Willkürhandlung* vorgebildet in den
Formen der Apperception.

In der Regel hat man bei der Thätigkeit der Aufmerksamkeit nur in
jenen Fällen, wo sich die Willensanstrengung deutlicher geltend macht,
eine innere Wirksamkeit des Willens angenommen, und hiernach die Auf-
merksamkeit in eine *willkürliche* und *unwillkürliche* unterschieden.
Dabei verkennt man aber völlig, dass auch bei den äußeren Willens-
handlungen ein Schwanken zwischen verschiedenen Motiven nicht vorhanden
sein muss. Vielmehr bildet der Fall, dass der Wille *eindeutig* bestimmt
sei, überall die nothwendige Vorbedingung zu dem bei den verwickelteren
Willenshandlungen dem Entschluss vorausgehenden Kampf der Motive.
Weiterhin muss aber auch die Apperception als der *primitive* Willens-
act angesehen werden, der bei den äußeren Willenshandlungen stets
vorausgesetzt wird. Denn die Bedingung für die Ausführung einer Willens-
bewegung ist die Apperception der Vorstellung dieser Bewegung. Bei
complicirteren und nicht zuvor eingeübten Bewegungen geht daher die
innere der äußeren Willenshandlung meist auch der Zeit nach deutlich
merkbar voraus. In Folge der Einübung kann aber diese Zwischenzeit
unmerklich werden, so dass sich der Wille scheinbar gleichzeitig der
Vorstellung der Bewegung und dieser selbst zuwendet.

Die Unterschiede der passiven und activen Aufmerksamkeit, die an
die Stelle jener falschen Gegensätze einer unwillkürlichen und einer will-
kürlichen treten müssen, finden endlich nicht bloß in dem den einzelnen
Apperceptionsact begleitenden Zustand, sondern auch in den von

abhängigen Vorgängen, namentlich in dem Verlauf der Vorstellungen, ihren Ausdruck. In beiden Fällen, bei der passiven wie bei der activen Aufmerksamkeit, können die Vorstellungen als Reize betrachtet werden, durch welche die Apperception erweckt wird. Bald sind aber diese Reize äußere bald innere: jenes wenn sich äußere Eindrücke zur Auffassung drängen, dieses wenn Erinnerungsbilder in das Bewusstsein eintreten. Hierbei werden die letzteren durch die später (in Cap. XVII) zu schildernden Vorgänge der Association in das Bewusstsein gehoben und so für die Apperception disponibel gemacht. Muss nun aber auch der verfügbare Stoff an Vorstellungen unserm Bewusstsein stets durch Associationen geliefert werden, so enthalten diese doch für die inneren ebenso wenig wie für die äußeren Willenshandlungen die ausschließlichen Ursachen des Geschehens, sondern ein wesentlicher Theil derselben kann nur in der unserer Nachweisung immer nur bruchstückweise zugänglichen ganzen Vergangenheit und Anlage des Bewusstseins gesucht werden. Diese Bedingungen der Apperception kommen nun naturgemäß vorzugsweise da zur Geltung, wo sich eine Mehrzahl durch die Association gehobener Vorstellungen zur Auffassung drängt, also bei der activen Apperception. So geschieht es, dass in der Aufeinanderfolge der Vorstellungen die associativen Verbindungen als die unmittelbaren dann beobachtet werden, wenn die passive Apperception vorherrscht, während in solchen Fällen, wo die active die Vorstellungen successiv in den Blickpunkt des Bewusstseins hebt, jene weiter zurückliegenden Bedingungen zu vorherrschender Geltung kommen. Wir werden sehen, dass demgemäß in diesem Fall auch der Verlauf der Vorstellungen eigenthümlichen Gesetzen gehorcht, welche wir daher als diejenigen der apperceptiven Verbindungen bezeichnen können[1]).

In beiden Fällen kommt uns aber als ein von dem Verlauf der Vorstellungen verschiedener Vorgang die Apperception theils durch die sie begleitenden Gefühle, theils durch die begleitenden Spannungsempfindungen zum Bewusstsein, deren Intensität mit dem Grad der Aufmerksamkeit zunimmt. Mit den an die Apperception gebundenen Gefühlen verbinden sich dann aber diejenigen Gefühle, die von den appercipirten Vorstellungen abhängen, zu einem untrennbaren Ganzen, dessen Qualität, Stärke und Klarheit in jedem Moment von dem Verhältniss des Eindrucks zu unserer Apperceptionsthätigkeit bestimmt wird. Mit Unlust fühlen wir Eindrücke, denen die Spannkraft des Bewusstseins nicht gewachsen ist: daher die Scheu vor zu starken Empfindungen, vor unvereinbaren Vorstellungen, und umgekehrt die Freude an Sinnesreizen, denen die Aufmerksamkeit

1) Vgl. Cap. XVII, 3.

in gleicher Höhe entgegenkommt, oder an Vorstellungen, welche, wie die Symmetrie der Formen, die Harmonie und Rhythmik der Töne, die Erwartung abwechselnd spannen und befriedigen. Doch darf man hierbei die Gefühle nicht als Zustände auffassen, welche jenen andern Vorgängen vorausgehen oder gar unabhängig von ihnen existiren könnten. Vielmehr sind die jeden Vorgang des Bewusstseins begleitenden Gefühle untrennbare Bestandtheile des Vorganges selber, die erst durch unsere psychologische Abstraction isolirt werden[1]). Unter allen diesen die Aufmerksamkeitsvorgänge begleitenden Gefühlen sind vor allem drei von charakteristischer Beschaffenheit: die Gefühle der Erwartung, der den Eintritt erwarteter Ereignisse begleitenden Erfüllung, und der Ueberraschung. Sie sind Begleiter von Vorgängen, die als wichtige Modificationen der oben geschilderten Processe der activen und der passiven Apperception noch eine besondere Betrachtung erheischen.

Die Erwartung ist ein Zustand, in welchem die active Aufmerksamkeit nicht wie sonst einem gegenwärtigen, sondern einem zukünftigen Eindruck oder eventuell einer Mehrheit möglicher Eindrücke zugewandt ist. Die einfachsten Bedingungen dieses Zustandes sind dann vorhanden, wenn nur ein Eindruck von bekannter Stärke und Qualität erwartet wird. Die Elemente des Zustandes sind in diesem Fall: 1) Spannungsempfindungen in verschiedenen Muskeln, namentlich auch in den dem Eindruck entsprechenden Adaptationsmuskeln, wobei die letzteren der Qualität und Stärke des Eindrucks mehr oder minder angepasst sind. 2) Oscillirende Schwankungen des Erinnerungsbildes des erwarteten Eindrucks, das in einzelnen Momenten, die zugleich mit Momenten der stärksten motorischen Spannung zusammentreffen, deutlicher wird, um sich dann wieder ganz zu verdunkeln. Diese Erscheinungen machen es wahrscheinlich, dass sich das Erinnerungsbild während der Dauer des Zustandes selbst mehr oder weniger dauernd in den dunkleren Regionen des Bewusstseins befindet, von denen aus es mit wechselndem Erfolg zur Apperception strebt. 3) Ein Gefühl, welches sich erstens aus den die Spannungsempfindungen begleitenden sinnlichen Gefühlen und aus einem eigenthümlichen unruhig vibrirenden Gefühl zusammensetzt, das an jenes soeben geschilderte Oscilliren des Erinnerungsbildes gebunden ist. Letzteres ist augenscheinlich der charakteristische Bestandtheil des ganzen Erwartungsgefühls, und es kann dieses in Folge jener oscillirenden Beschaffenheit bei längerer Dauer des Zustandes zu einem sehr intensiven Unlustgefühl werden. Schwankt die Erwartung zwischen mehreren Eindrücken, so modificirt sich der ganze Zustand wesentlich dadurch, dass theils die Spannungsempfindungen

---

1) Vgl. hierzu I, Cap. X, S. 536, 590.

wechselnder werden, auch meist minder intensiv sind, und namentlich dadurch, dass sich nun jener Vorgang des Oscillirens der dunkel bewussten Vorstellungen auf mehrere Erinnerungsbilder erstreckt. In Folge dessen wird derselbe viel wechselnder, und wird dem entsprechend auch das begleitende Gefühl unruhiger und bei längerer Dauer, wie alle zwiespältigen Gefühle, überaus peinvoll. Der Zustand der Erwartung kann auf doppelte Weise sein Ende finden: durch den Eintritt des erwarteten oder eines der erwarteten Vorgänge, und durch den Eintritt eines andern, nicht erwarteten Ereignisses. Der im ersten Fall sich abspielende Vorgang der Erfüllung ist eine Modification des gewöhnlichen Actes der activen Apperception: das Gefühl des Erleidens, das auch hier im ersten Moment nicht fehlt, ist von ungewöhnlich geringer Dauer, und es schließt sich daran unmittelbar das Thätigkeitsgefühl, verbunden mit den an die normale Adaptation gebundenen Gefühlen. Dazu kommen dann aber noch die eigenthümlichen Associationsgefühle, die an die Wiedererkennung und Unterscheidung des Eindrucks gebunden sind, und auf die hier nur vorläufig hingewiesen werden mag, weil sie uns später, bei der Erörterung der betreffenden Associationsprocesse, eingehender beschäftigen werden (vgl. Cap. XVII). Anders bei der Ueberraschung, die übrigens in ähnlicher Weise auch ohne vorangegangene Erwartung, bei zufälligem Eintritt eines ungewohnten Eindrucks entstehen kann. Indem hier weder die Adaptationseinrichtungen in den Sinnesorganen noch die unmittelbar dem Bewusstsein disponiblen und eventuell in ihm in oscillirender Bewegung enthaltenen Vorstellungen dem Eindruck entsprechen, braucht derselbe längere Zeit zu seiner Auffassung, und diese ist, auch wenn sie zu Stande kommt, ungenauer; meist erstreckt sie sich nur auf einzelne, durch ihre Intensität oder durch zufällige Associationsverbindungen mit den disponiblen Elementen ausgezeichnete Bestandtheile. Dies prägt sich zugleich in einer ungewöhnlichen Dauer und Intensität des überall das erste Stadium der Apperception kennzeichnenden Gefühls des Erleidens aus, gegen das sich nur allmählich und meist in verminderter Stärke das Thätigkeitsgefühl emporarbeitet. Zugleich hat die plötzliche Erfüllung des Bewusstseins mit neuen Vorstellungen eigenthümliche später zu schildernde Affectwirkungen (vgl. Cap. XVIII). Man sieht aus allem dem, dass die gewöhnliche Auffassung dieser Vorgänge, welche bei der Erwartung das Festhalten eines Erinnerungsbildes im Bewusstsein, bei der Erfüllung und Ueberraschung die unmittelbare Vergleichung dieses Bildes mit dem Eindruck annimmt, gänzlich unzutreffend ist. Sie beruht, wie so oft, auf der Verwechselung einer logischen Reflexion über psychologische Vorgänge mit der psychologischen Natur dieser Vorgänge. Jenes oscillirende Erinnerungsbild ist so unbestimmt, dass es zu einer Vergleichung

absolut nicht dienen kann. Eher schon können unter Umständen bei der eindeutigen Erwartung die motorischen Adaptationsvorgänge ein gewisses Maß für die Coincidenz von wirklichem und erwartetem Eindruck abgeben. Aber bei der mehrdeutigen Erwartung lassen auch diese Merkmale, die übrigens an sich gegenüber der relativ großen Genauigkeit der Wiedererkennungen viel zu unbestimmt sind, im Stiche. Das einzige was daher in allen diesen Fällen als ein genaues Reagens auf die übereinstimmende oder widerstreitende Beschaffenheit des Eindrucks übrig bleibt, ist das unmittelbare Gefühl der Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung selbst. Nun muss freilich dieses wie jedes Gefühl mit bestimmten Vorstellungselementen verbunden sein. Aber gerade hier kommt eine Eigenschaft des Gefühls zur Geltung, die uns mit Rücksicht auf ihre Ursachen noch später beschäftigen wird: die Eigenschaft, dass Gefühle, deren Vorstellungsgrundlage außerordentlich dunkel bleibt, eine große Intensität und sogar Deutlichkeit gewinnen können. Man hat diese Eigenschaft zuweilen »Dunkelheit des Gefühls« genannt. Richtiger wäre es, sie Dunkelheit der mit dem Gefühl verbundenen Vorstellungen zu nennen.

Beobachtungen, welche für den oben erörterten associirten Einfluss der motorischen Innervation auf die Vorgänge der Aufmerksamkeit eintreten, sind von N. Lange[1]) bei Gelegenheit seiner unten zu erwähnenden Untersuchungen über die Schwankungen der Aufmerksamkeit gesammelt worden. So bemerkte derselbe, dass bei der willkürlichen Erzeugung von Erinnerungsbildern zumeist Augenbewegungen wahrzunehmen sind, die den Conturen des Gegenstandes entsprechen, und dass ebenso der Vorstellungswechsel bei der Betrachtung mehrdeutiger Bilder wie der Fig. 197 (S. 200) von wechselnden Augenbewegungen herrührt. Auf den Einfluss der letzteren bei stereoskopischen Wahrnehmungen und beim Wettstreit der Sehfelder ist schon früher hingewiesen worden[2]). Den wesentlichen Unterschied der durch die Schwankungen der Aufmerksamkeit erzeugten Klarheitsgrade der Vorstellungen von Intensitätsschwankungen der Eindrücke hat sodann Eckener[3]) an minimalen Schallreizen nachgewiesen, wo sich das Sinken des Eindrucks unter die Aufmerksamkeitsschwelle und das durch objective Abschwächung desselben hervorgerufene Sinken unter die Bewusstseinsschwelle im allgemeinen als zwei völlig verschiedene Vorgänge darstellen lassen. Dass in einzelnen Fällen, namentlich bei größeren Schwankungen der Aufmerksamkeit, eine Zu- oder Abnahme des Klarheitsgrades eines Eindrucks mit einer Zu- oder Abnahme seiner Stärke verwechselt werden kann, steht hiermit nicht in Widerspruch. Offenbar ist eine derartige Verwechselung eine analoge Erscheinung, wie die bei minimalen Sinnesreizen vorkommende Verwechselung verschiedener Empfindungsqualitäten (I, S. 416), und sie wird im vorliegenden Fall dadurch veranlasst, dass, wie oben erwähnt, die Zunahme der

1) N. Lange, Phil. Stud. IV, S. 390.
2) Vgl. S. 181 und 211 f., sowie meine Beitr. zur Theorie der Sinneswahrn. S. 362 f.
3) Eckener, Phil. Stud. VIII, S. 343 ff.

Empfindungsstärke im allgemeinen auch eine Zunahme der Klarheit der Eindrücke begünstigt.

Sobald man nun Klarheit und Empfindungsstärke als von einander verschiedene Eigenschaften der Vorstellungen anerkennt, so ist damit auch die Frage beantwortet, ob Apperception und Aufmerksamkeit Processe und Zustände seien, die mit den übrigen Bewusstseinseigenschaften von selbst schon gegeben sind oder nicht. Ist das erstere der Fall, so kann die Erfassung durch die Aufmerksamkeit unmöglich in etwas anderem bestehen als in der zufälligen größeren Empfindungsintensität, die einer Vorstellung im Verhältniss zu andern zukommt, wozu dann etwa noch die Annahme hinzugefügt wird, stärkere Empfindungen seien geneigt, reflectorische Muskelspannungen und ihnen entsprechende Spannungsempfindungen auszulösen. Aber diese Hypothese, die mehr oder weniger klar entwickelt überall den psychologischen Ansichten zu Grunde liegt, die des Begriffs der Apperception glauben entrathen zu können, widerspricht nicht bloß der Thatsache, dass wir uns schwachen Eindrücken mit starker und starken mit schwacher Aufmerksamkeit zuwenden können, sondern sie gibt auch über die bei den Aufmerksamkeitsvorgängen vorhandenen Gefühle und sonstigen Begleiterscheinungen keine Rechenschaft. Unter Apperception ist hier überall nichts anderes zu verstehen als die Summe dieser Erscheinungen. Wenn in den philosophischen Anwendungen des nämlichen Begriffs derselbe vielfach Bedeutungen angenommen hat, die sich mit den erörterten empirischen Bestandtheilen nicht decken, so ist hier vollständig von solchen abzusehen. Wenn wir trotz dieser ihm von seinem Ursprung an anhaftenden metaphysischen Nebenbedeutungen den Begriff in jenem psychologischen Sinne beibehalten, so dürfte dies durch die zweckmäßige Kürze des Ausdrucks sowie durch den Umstand, dass seit Leibniz die psychologischen Elemente des Begriffs immer in ihm mitgedacht worden sind, hinreichend gerechtfertigt sein. Diesem Sachverhalt gegenüber erscheint es jedenfalls angemessener, das nun einmal eingeführte Wort in einem durch das psychologische Bedürfniss von selbst gegebenen Sinne zu berichtigen, als ein neues zu schaffen, welches der Gefahr missverstanden zu werden vielleicht nicht weniger entgehen würde. Billiger Weise darf man aber verlangen, dass einem Ausdruck nur der Sinn untergelegt werde, in welchem er definirt, nicht derjenige, in welchem er vielleicht irgendwo anderwärts gebraucht worden ist. Solches ist offenbar geschehen, wenn die Apperception in dem hier erörterten Sinne ein »metaphysischer« Begriff oder gar ein neues »Seelenvermögen« genannt wurde. Metaphysische Begriffe bezeichnen nicht Thatsachen sondern speculative Ergänzungen derselben und manchmal wohl auch willkürliche Erdichtungen; und unter Seelenvermögen versteht man nicht beobachtete Erscheinungen, sondern mit einer gewissen Willkür handelnde seelische Kräfte, eine Art von Unterseelen, als deren Handlungen bestimmte Classen complexer psychischer Phänomene betrachtet werden[1]). Dagegen verstehe ich hier wie überall unter Apperception lediglich die sämmtlichen oben geschilderten einfachen Phänomene selbst: die Veränderungen im Klarheitsgrad der Vorstellungen, die begleitenden Gefühle, die mir, je nachdem das Thätigkeitsgefühl das ursprüngliche ist oder das Gefühl des Erleidens ihm vorausgeht, zugleich das nächste Unterscheidungsmerkmal der activen und der passiven Apperception abgeben, endlich die begleitenden Spannungsempfindungen und, wo sie vor-

1) Vgl. I, S. 11 ff.

kommt, die an die letzteren gebundene schwache Verstärkung der in ihrem Klarheitsgrad gehobenen Empfindungen. Natürlich bin ich nicht der Meinung, jene Gefühle der Thätigkeit und des Erleidens enthielten an und für sich irgend etwas von den Vorstellungen oder gar den Begriffen, die wir mit diesen Ausdrücken verbinden; vielmehr liegt hier genau der nämliche Fall vor wie bei den elementaren Empfindungen: ihre Namen müssen wir gewissen Vorstellungsbeziehungen derselben entnehmen, ohne dass damit jemals gemeint sein kann, diese Vorstellungen selbst seien in ihnen enthalten (I, S. 412). Wenn ich endlich behaupte, die unter den vorhin beschriebenen Erscheinungen der activen Apperception zu Stande kommenden Vorstellungsverbindungen seien nicht ausschließlich aus den sogenannten Associationsgesetzen zu erklären, sondern es mache sich hier in weit höherem Grade als im Zustande passiver Apperception ein Einfluss weiter zurückliegender Erwerbungen und Anlagen des Bewusstseins geltend, so heißt das weder, dass für die Vorgänge der activen Apperception die Associationsprocesse keine Geltung haben, noch auch dass jene Einflüsse vorangegangener Erlebnisse und Anlagen irgend etwas überempirisches seien, was auf anderem Wege als durch unmittelbare oder mittelbare Zeugnisse der Erfahrung festgestellt werden könnte. Was das erstere betrifft, so meine ich, dass die Associationsvorgänge die Grundlagen jeder Art von Vorstellungsverbindungen sind, und dass daher auch die von mir sogenannten »apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen« ohne Associationen nicht zu Stande kommen könnten. Aber ich betrachte es ebenso als eine nicht hinwegzuleugnende Thatsache der Erfahrung, dass in den Zuständen passiver Aufmerksamkeit durchweg die zufällig nächstliegenden Associationen vorwalten, so dass hier auch dann, wenn etwa längst entschwundene Erinnerungsbilder durch Association erweckt werden, jener weitere Einfluss fehlt, der unmittelbar in unserem Bewusstsein nur in der Form des Thätigkeitsgefühls seinen Ausdruck findet, der aber, sobald wir über ihn reflectiren, von uns auf die ganze, gewöhnlich in dem Worte »Ich« zusammengefasste Anlage des Bewusstseins zurückgeführt, oder der wohl auch, wenn wir mit jener Reflexion ins einzelne gehen, mit bestimmten zusammengesetzten Motiven, d. h. mit irgend welchen verwickelten Vorstellungsverbindungen, an die starke Gefühle geknüpft sind, in Verbindung gebracht wird. Ich finde, dass alle diese Gefühle und Motive lediglich empirisch gegebene Thatsachen sind, und ich glaube daher nicht, dass in der Constatirung dieser Thatsachen eine metaphysische Annahme, wohl aber dass in dem geflissentlichen Uebersehen derselben eine ungenügende Berücksichtigung der Erfahrung liegt. Ebenso scheint es mir, dass der Versuch die Vorgänge der Apperception und der Aufmerksamkeit in die Elemente zu zerlegen, die den überall sonst uns begegnenden Elementen des seelischen Geschehens entsprechen, das Gegentheil von dem ist was man die Construction eines neuen Seelenvermögens nennen könnte. Denn wenn ich annehme, bei den activen Apperceptionsprocessen werde die ganze Vergangenheit des Bewusstseins neuen Eindrücken gegenüber als eine Art Totalkraft wirksam, so meine ich damit nicht, dass dies in einer von den sonstigen Gesetzen des psychischen Geschehens irgend abweichenden Weise geschehe. Schon bei der einfachsten Sinneswahrnehmung treten, wie wir bei der Untersuchung der Vorstellungsbildung gesehen haben, die Elemente früherer Vorstellungen mit dem gegebenen Eindruck in Wechselwirkung, um ein Product zu erzeugen, das zahllosen Dispositionen des Bewusstseins seinen Ursprung verdankt. Und schon bei der einfachen Sinneswahrnehmung sehen wir nicht bloß

die Richtung, sondern auch den Umfang dieser zur Mitwirkung kommenden älteren Erwerbungen und erworbenen Anlagen in der mannigfaltigsten Weise wechseln, ohne dass wir uns freilich bis jetzt über die Gründe dieser thatsächlichen Unterschiede Rechenschaft geben können. Auch werden wir das schwerlich jemals ganz zu thun im Stande sein, da sich die Psychologie bei der ungeheuren Verwickelung ihres Gegenstandes wohl immer wird damit begnügen müssen, die allgemeine Uebereinstimmung des einzelnen Geschehens mit den von ihr gefundenen allgemeinen Gesetzen nachzuweisen, und in bestimmten vorausgegangenen Thatsachen die zureichenden Ursachen für das Geschehende aufzufinden, ohne damit den bestimmten einzelnen Bewusstseinsinhalt als den im gegebenen Fall allein möglichen unter den vielen andern, die wir ebenso gut auf bestimmte Gründe hätten zurückführen können, festzustellen. Wenn an eine Vorstellung eine andere sich anreiht, deren Kommen wir nach den bekannten Associationsregeln vollständig begreifen, wer möchte sich darum anheischig machen, nun eben auch diese Vorstellung als die einzig mögliche vorauszusagen? Bei den Vorgängen der activen Apperception verhält es sich in dieser Beziehung nicht anders, nur dass hier der Umfang der schon bei der gewöhnlichen, bloß associativen Erinnerungsthätigkeit wechselnden Dispositionen so erweitert ist, dass er sich auf die Gesammtanlage des Bewusstseins ausdehnt, natürlich immer unter gleichzeitiger Beschränkung auf die mit dem gegebenen Vorstellungsinhalt überhaupt in Beziehung stehenden Dispositionen. In Folge der mit der Aufmerksamkeit verbundenen Hemmung heterogener Elemente ist sogar diese Beschränkung im letzteren Fall ungleich dauernder und zusammenhängender, so dass sie hier das ausmacht, was wir gewöhnlich den regulirenden Einfluss des Willens auf den Verlauf der Vorstellungen nennen [1]).

Hat die Psychologie der Aufmerksamkeit und der Apperception gemäß der allgemeinen Natur der psychologischen Aufgaben lediglich den Thatbestand und die thatsächlich gegebenen Zusammenhänge des psychischen Geschehens festzustellen, so sind dagegen unvermeidlich alle Voraussetzungen, die wir bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse über die physiologischen Substrate dieser Processe machen können, ganz und gar hypothetische. Gleichwohl besteht, wie ich glaube, eine gewisse Verpflichtung hierzu, sobald man überhaupt der Annahme des psychophysischen Parallelismus Allgemeingültigkeit zugesteht. Auch kann die Möglichkeit, nach Anleitung der psychologischen Theorie ein physiologisches Schema zu entwerfen, zugleich als eine Art Probe darauf betrachtet werden, dass die Theorie der Forderung, die Verknüpfung der einzelnen Erscheinungen nach den allgemeingültigen Principien des psychophysischen Mechanismus vorzunehmen, nachkommt. Demgemäß sucht die obige Ausführung über den Zusammenhang des Apperceptionscentrums mit den übrigen sensorischen und motorischen Centren nichts anderes als die Uebertragung der der Beobachtung gegebenen psychischen Thatsachen und ihres wahrscheinlichen Zusammenhangs in das Physiologische zu sein. In meinen früheren Ausführungen über die physischen Grundlagen der Apperception hatte ich noch, ausgehend von den bei angestrengter Spannung der Aufmerksamkeit zu beobachtenden Verstärkungen der Empfindung, angenommen, das Centrum AC stehe, wie mit den motorischen, so auch mit den sensorischen Centren in einer solchen Verbindung, dass überall die Zunahme des Klarheitsgrades auf eine central von AC aus bewirkte schwache

1) Vgl. unten Cap. XVII und XIX, sowie Phil. Stud. VI, S. 382 ff.

Verstärkung der Erregungen zurückzuführen sei. Die oben angedeuteten Gründe, nämlich die Möglichkeit, eine Erhöhung des Klarheits- ohne eine solche des Stärkegrades eines Eindrucks herbeizuführen, und die die Aufmersamkeitsspannung begleitenden psychischen Hemmungen, haben mich bestimmt die Hypothese in der hier dargestellten Weise zu modificiren. Der wesentliche Unterschied von Klarheit und Stärke der Vorstellung findet nun seinen angemessenen Ausdruck darin, dass die Klarheitszunahme physiologisch in der zu der Erregung des Sinnescentrums hinzutretenden Signalreizung im Apperceptionscentrum besteht. Indem diese Erregung zugleich hemmend auf andere Erregungen der Sinnescentren zurückwirkt, gibt sie der Thatsache der mit wachsender Aufmerksamkeit zunehmenden Verengerung der Apperception Ausdruck, während dagegen die in gewissen Fällen eintretenden Verstärkungen des Empfindungsinhaltes als Erregungen gedeutet werden können, die von den motorischen direct auf die sensorischen Centren abfließen, den Leitungswegen entsprechend, die sich durch eingeübte Associationen gebildet haben. Da aber von allen solchen durch Association entstandenen Empfindungen immer wieder Signalreize nach dem Apperceptionscentrum gelangen, werden hier schließlich alle Dispositionen, die von vorangegangenen Erregungen geblieben sind, zusammenfließen, und es wird so jenes Centrum zugleich ein allgemeinstes Centralorgan darstellen, indem die verwickelten Gesammtanlagen des Bewusstseins, wie sie in ihrem Zusammenwirken mit der augenblicklichen Lage einen gegebenen Erfolg bestimmen, vor allem in ihm nach ihrer physiologischen Seite hin vorgebildet sind. Uebrigens versteht es sich von selbst, dass unter den hier gemachten Annahmen die über den Sitz des Apperceptionscentrums in den Stirnlappen nicht weniger hypothetisch ist als die übrigen specielleren Ausführungen. Gleichwohl scheint mir auch nach dem jetzigen Stand der Localisationsfragen diese Annahme immer noch diejenige zu sein, die durch die anatomisch-physiologischen Beobachtungen am meisten unterstützt wird.

3. Umfang der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins.

Die Beantwortung der Frage, wie groß die Zahl der Vorstellungen sei, welche unser Bewusstsein gleichzeitig beherbergen kann, ist deshalb mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, weil unserer directen inneren Wahrnehmung nur die appercipirten Vorstellungen zugänglich sind, während wir uns über die Existenz der im weiteren Blickfeld des Bewusstseins gelegenen meistens erst durch eine nachträgliche Apperception vergewissern. Hierbei könnte der Verdacht entstehen, dass es sich möglicherweise nur um eine Reproduction von Sinneseindrücken handle, die überhaupt nicht auf das Bewusstsein eingewirkt hatten, wenn man sich nicht bei solcher Reproduction, wie dies besonders die auf S. 268 f. beschriebenen Beobachtungen lehren, im Momente der Apperception gewöhnlich einer vorangegangenen dunkleren Perception deutlich bewusst würde. Immerhin machen es diese Umstände begreiflich, dass über den Umfang des

Bewusstseins sehr verschiedene Meinungen geäußert worden sind: bald glaubte man, nur eine sehr beschränkte Zahl, ja nur eine einzige Vorstellung könne jeweils im Bewusstsein anwesend sein, bald sah man diese Zahl als eine unter Umständen unbegrenzt große an und schrieb nur gleichzeitig den Vorstellungen unendlich verschiedene Grade der Klarheit zu[1]).

Selbstverständlich kann nun diese Frage nicht durch ungefähre innere Wahrnehmungen, sondern nur auf experimentellem Wege entschieden werden. Auf doppelte Weise kann man Aufschluss über dieselbe zu gewinnen suchen: erstens indem man, ähnlich wie es oben zur Untersuchung des allgemeinen Verhaltens der Vorstellungen im Bewusstsein geschehen ist, eine größere Anzahl verschiedener Eindrücke simultan und möglichst instantan hervorbringt und feststellt, wie viele in einem Acte aufgefasst werden können; und zweitens indem man successiv eine Reihe von gleichartigen Sinnesreizen einwirken lässt und ermittelt, wie viel neue Eindrücke zu einem zuerst gegebenen hinzutreten können, bis dieser aus dem Bewusstsein verdrängt wird.

Mit Hülfe der ersten dieser Methoden ist es jedoch nur möglich zu bestimmen, wie viele Eindrücke annähernd in einem Zeitmoment appercipirt werden, während es dahingestellt bleibt, wie viele etwa noch außerhalb des Blickpunktes des Bewusstseins befindlich sind. Man erhält also auf diesem Wege über den Umfang der Apperception, nicht aber über den Umfang des Bewusstseins einigen Aufschluss. Dem entsprechend ist man sich auch, wenn mehr Eindrücke dargeboten werden, als appercipirt werden können, deutlich bewusst, dass noch andere Eindrücke vorhanden waren; man ist aber nicht oder doch erst mittelst einer wohl bemerkbaren Succession im Stande, sich dieselben bestimmt zu vergegenwärtigen. Als störendes Moment kommt bei diesen Versuchen die Möglichkeit in Betracht, dass ein rasches Durchlaufen einer Reihe mit einer simultanen Auffassung verwechselt werden könnte; doch darf diese Gefahr wohl deshalb als ausgeschlossen gelten, weil man sich bei diesen Versuchen sehr deutlich des Unterschieds einer wirklich simultanen Auffassung und einer bloß successiven Reproduction simultaner Eindrücke bewusst wird, und es daher möglich ist, Beobachtungen der letzteren Art auszuschließen. Unter Beachtung der hierdurch geforderten Vorsicht findet sich nun, dass man im Stande ist, 4 bis 5 unverbundene Gesichtseindrücke (Linien, Buchstaben, Ziffern) gleichzeitig zu appercipiren. Diese Zahl steigert

1) Ueber die Frage dieser von Herbart sogenannten »Enge des Bewusstseins« s. Herbart, Lehrb. zur Psychologie (Werke V), S. 90. Waitz, Lehrb. der Psychologie, § 55. Hierzu A. Lange, Die Grundlegung der mathem. Psychologie. Duisburg 1865, S. 25.

sich etwa auf das dreifache ihrer Größe, wenn die Eindrücke in eine bekannte Vorstellung als Bestandtheile eingehen[1]). Man bemerkt übrigens leicht bei derartigen Beobachtungen, dass die Eindrücke auch dann, wenn sie nicht Bestandtheile einer schon geläufigen Vorstellung sind, doch zu einem zusammengehörigen Bilde sich vereinigen. Das ähnliche ist noch ausgesprochener bei einer Mehrheit von Gehörseindrücken wahrzunehmen, weil diese nicht extensiv auseinandertreten, sondern in eine einzige intensive Vorstellung verschmelzen; doch scheint auch hier ungefähr die nämliche Zahl von einfachen Eindrücken noch in einer complexen Vorstellung unterscheidbar zu sein.

Ist auf diesem ersten Wege nur über den Umfang der Apperception, nicht über den Umfang des Bewusstseins Aufschluss zu gewinnen, so lässt sich dagegen die letztere Frage mittelst der Verwendung successiver Eindrücke wenigstens für gewisse Fälle zur Entscheidung bringen. Appercipirt man nämlich eine Reihe auf einander folgender Sinnesreize, so treten bei jeder neuen Apperception die vorangegangenen allmählich weiter in den dunkeln Umkreis des inneren Blickfeldes zurück und verschwinden endlich ganz aus demselben. Gelingt es nun zu bestimmen, welche unter der Reihe vorangegangener Vorstellungen soeben an der Schwelle des Bewusstseins angelangt ist, wenn eine neue appercipirt wird, so ist damit auch für den Fall auf einander folgender einfacher Vorstellungen der Umfang des Bewusstseins ermittelt. Die so gestellte Aufgabe lässt sich lösen, indem man als Sinnesreize Pendelschläge wählt, von denen immer eine fest bestimmte Anzahl durch regelmäßig auf einander folgende andere Schalleindrücke, z. B. Glockenschläge, eingefasst wird. Ermittelt man nun, wie viele Pendelschläge auf diese Weise zu einer Gruppe zusammengefasst werden können, während für unser Bewusstsein die Gleichheit zweier auf einander folgenden Gruppen noch deutlich bleibt, so ist damit zugleich ein Maß für den Umfang des Bewusstseins gewonnen. Denn zwei aus einer größeren Anzahl von Elementen bestehende Vorstellungen können nur dann unmittelbar als gleich oder als verschieden aufgefasst werden, wenn jede von ihnen während eines Momentes als ein Ganzes im Bewusstsein anwesend war, so dass der von ihr gewonnene Totaleindruck direct mit dem Totaleindruck der zweiten Vorstellung verglichen werden kann. Die Ausführung der Versuche zeigt, dass der so gefundene Grenzwerth für den Umfang einer rhythmisch zusammengesetzten Schallvorstellung in hohem Grade abhängig ist von der Geschwindigkeit der Succession. Geht man von einer Geschwindigkeit aus, bei welcher sich die Apperception den Reizen eben noch adaptiren kann, und welche

1) CATTELL, Phil. Stud. III, S. 121 ff.

daher für die Auffassung einer möglichst großen Zahl die günstigsten Bedingungen bietet, so verringert sich diese Zahl von hier an sowohl bei der Zunahme wie bei der Abnahme der Geschwindigkeit: im ersten Fall weil eine zureichende Apperception nicht mehr möglich ist, im zweiten weil jeder appercipirten Vorstellung Zeit zu ihrer Verdunkelung gelassen ist, noch ehe eine neue in den inneren Blickpunkt eintritt; auch wird es bei sehr langsamer Bewegung der Eindrücke schwer, andere Vorstellungen fern zu halten, die in den Pausen auftauchen. Hieraus ist ersichtlich, dass die bei jener günstigsten Geschwindigkeit gefundene Zahl vorzugsweise Interesse besitzt. Sie wird für den speciellen Fall successiver Eindrücke den Maximalumfang des Bewusstseins bezeichnen, und darum wird in ihr am ehesten eine constante Größe zu erwarten sein, während die bei abgeänderten Geschwindigkeiten gewonnenen Werthe eigentlich nur die Störungen ermessen lassen, welche in der Beherrschung der Vorstellungsreihen in Folge veränderlicher Bedingungen der Apperception eintreten können. Man findet nun, dass jene günstigste Geschwindigkeit bei einem Intervall der Eindrücke von 0,2—0,3 Secunden liegt. Bei 0,11 bis 0,18″ ist nach oben, bei etwa 4″ nach unten die Grenze erreicht, jenseits deren überhaupt eine Vereinigung nicht mehr möglich ist. Innerhalb der so gegebenen Grenzen ist nun aber wieder die Anzahl der Eindrücke, die im Bewusstsein zusammengehalten werden kann, einerseits von der Regelmäßigkeit ihrer Aufeinanderfolge, anderseits von der Gliederung abhängig, durch die sie entweder mittelst objectiver Merkmale oder in Folge der von der Apperception selbst vollzogenen Unterscheidungen in Untergruppen zerlegt werden. Beschränken wir uns auf den schon oben vorausgesetzten Fall unregelmäßiger Pendelschläge, die sich objectiv vollkommen gleichen, so werden dieselben gleichwohl nicht einander vollkommen gleich aufgefasst, sondern wir verbinden sie zu kleineren Gruppen, indem wir einzelne unter ihnen rhythmisch betonen und auf diese Weise rhythmische Reihen von der Beschaffenheit der früher (S. 84 ff.) betrachteten Taktformen bilden. Eine absolute Unterdrückung dieser rhythmischen Gliederung ist unmöglich. Der einzige Effect, den das Streben hierzu hervorbringt, besteht in der Reduction auf die einfachste Taktform, die des Zweiachteltaktes, indem regelmäßig einfach betonte und nicht betonte Eindrücke mit einander wechseln. Unter dieser Voraussetzung gelingt es nun bei der oben erwähnten günstigsten Geschwindigkeit noch 16 Einzel- oder 8 Doppeleindrücke im Bewusstsein zusammenzuhalten. Gibt man dagegen der Neigung rhythmische Gruppen zu bilden vollkommen nach, so erweisen sich 40 Eindrücke als die erreichbare Maximalzahl: dies ist am leichtesten bei einer Gliederung in 5 Gruppen von je 8 Schlägen möglich; in Wahrheit sind dabei also fünf aus je 8 einfachen Eindrücken zusammen-

gesetzte Vorstellungen im Bewusstsein. Zugleich zeigt dieser Unterschied, in wie hohem Grade die rhythmische Gliederung der Vorstellung ihre Zusammenfassung im Bewusstsein begünstigt. Hiermit hängt ferner die Thatsache zusammen, dass bei sonst gleichen Bedingungen eine geradzahlige Gruppe von Eindrücken stets leichter als eine ungeradzahlige im Bewusstsein zu vereinigen ist.

Nach diesen Ergebnissen werden wir uns den Zustand des Bewusstseins in einem gegebenen Moment während des Ablaufs einer Reihe einfacher Vorstellungen folgendermaßen veranschaulichen können. In dem Moment, wo ein neuer Eindruck *a* (Fig. 209) in den Blickpunkt des Bewusstseins eintritt, werden stets die unmittelbar vorangegangenen Vorstellungen noch in abgestufter Klarheit im Bewusstsein vorhanden sein, bis zu einer Vorstellung *m*, welche eben schon die Schwelle erreicht hat, während die ihr vorangegangene *n* schon unter dieselbe gesunken ist. Da nun aber in der Wirklichkeit auch dann, wenn die Eindrücke objectiv

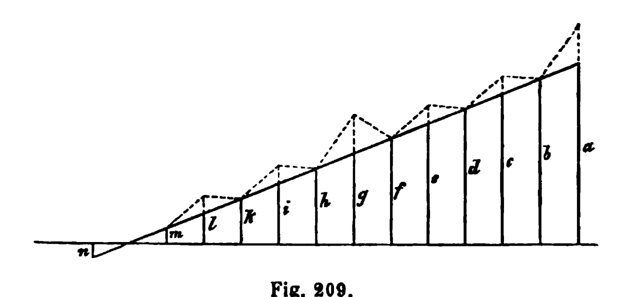


Fig. 209.

vollkommen einander gleich sind, die Apperception selbst eine periodisch wechselnde ist, so wird die Reihe rhythmisch gegliedert, d. h. bestimmte in größeren Intervallen einander folgende Eindrücke werden mehr gehoben als andere. Sie werden daher auch, nachdem sie aus dem Blickpunkt gewichen sind, in entsprechender Weise vor den benachbarten sich auszeichnen. Wir erhalten so Gliederungen, wie eine solche durch die punktirten Linien der Figur für den Fall einer zwölfgliederigen Reihe mit zwei Graden der apperceptiven Verstärkung dargestellt ist. Die 1ste und 7te Vorstellung sind in diesem Fall am stärksten, die 3te, 5te, 9te und 11te sind schwächer gehoben. Die Gliederung entspricht also einem $^6/_4$-Takte. Uebrigens ist bemerkenswerth, dass die in der musikalischen und poetischen Rhythmik benutzten Taktformen die Grenzen des Bewusstseins niemals völlig erreichen. Eine Reihe mit 16 einzelnen Hebungen und Senkungen ohne weitere Gliederung ist nur mit Anstrengung festzu-

halten, alle zusammengesetzteren Reihen zerfallen daher auch leicht von selbst in mehrere rhythmische Gruppen[1]).

Um die Anzahl von Eindrücken zu bestimmen, welche simultan appercipirt werden können, wählt man am zweckmäßigsten Gesichtseindrücke, die nur während einer sehr kurzen Zeit dem Auge dargeboten werden. Hierbei wird es nämlich allein möglich, die Vermengung successiv appercipirter Vorstellungen zu vermeiden. Entweder kann man sich zu diesem Zweck der oben (S. 268) erwähnten instantanen elektrischen Erleuchtung, oder eines Tachistoskop[2]) bedienen, einer Vorrichtung, bei welcher durch einen fallenden Schirm während einer sehr kurzen Zeit ein zusammengesetzter Eindruck sichtbar gemacht wird. Dieser muss so beschaffen sein, dass er noch vollständig auf die Stelle des deutlichen Sehens fällt. Die Fig. 210 zeigt einen solchen Apparat in einer Form, in welcher er sich sowohl zur Untersuchung, wie zur Demonstration der Erscheinungen eignet. Vor einer verticalen, schwarzen Holzwand von 2 m Höhe befindet sich ein in Schienen laufender schwarzer Schirm, der, sobald an der Feder *F* gezogen wird, herabfällt, wobei eine in dem Schirm angebrachte Oeffnung von etwa 34 qcm sich mit großer Geschwindigkeit vor den aus 2 bis 3 Meter Entfernung zu beobachtenden Gesichtsobjecten vorbei bewegt. Diese sind so angebracht, dass sie in der

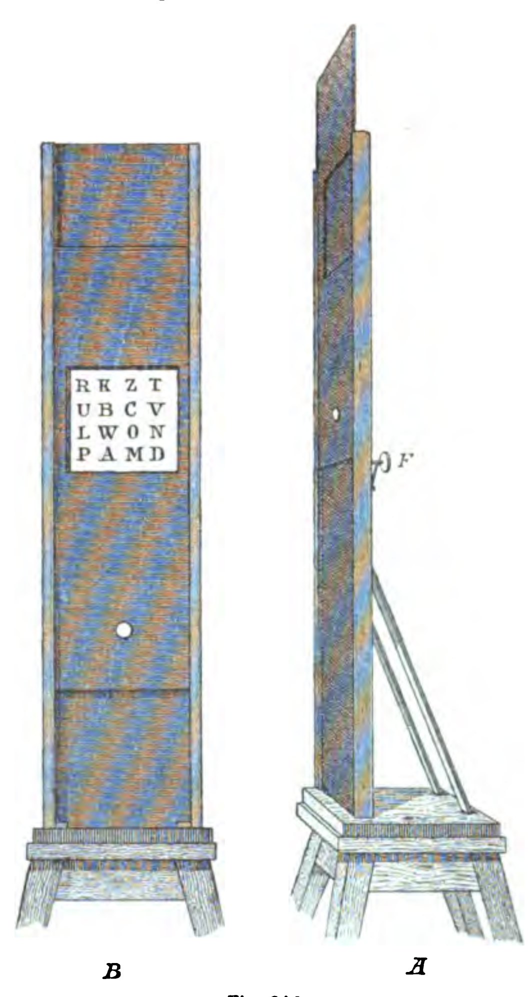


Fig. 210.

1) Vgl. oben S. 85, Anm. 1.

2) Mit diesem Namen hat zuerst VOLKMANN solche zur momentanen Einwirkung von Lichteindrücken mittelst eines rasch bewegten Schirms dienende Vorrichtungen bezeichnet (VOLKMANN, Sitzungsber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1859, S. 90).

oberen Lage des Schirms von demselben verdeckt werden, und dass ein am unteren Theil des Schirms befindlicher kleiner weißer Kreis, der zur Einstellung des Auges dient, genau der Mitte des Gesichtsobjectes entspricht. In *A* ist der Apparat in seitlicher Stellung vor dem Fallen des Schirms, in *B* in der Vorderansicht während des Fallens dargestellt. Die Zeit der Sichtbarkeit der einzelnen, in der Figur mit beliebigen Buchstaben von je 6 cm Höhe gefüllten Horizontallinien ist natürlich eine etwas verschiedene. Nach Zeitmessungen, die mittelst Stimmgabelschwingungen ausgeführt wurden, sind an dem Apparat des Leipziger Instituts sichtbar: 1. Zeile 93,7, 2. Zeile 86, 3. Zeile 83,5, 4. Zeile 76,2σ (1 σ = 0,001 Sec.). Diese Zeiten sind hinreichend klein, da sie die Apperceptionszeiten der Eindrücke im allgemeinen nicht erreichen[1].

Zur Untersuchung der Verhältnisse des Gesammtumfangs des Bewusstseins dient die in Fig. 211 dargestellte Vorrichtung. Ein gut regulirtes Metronom *M*

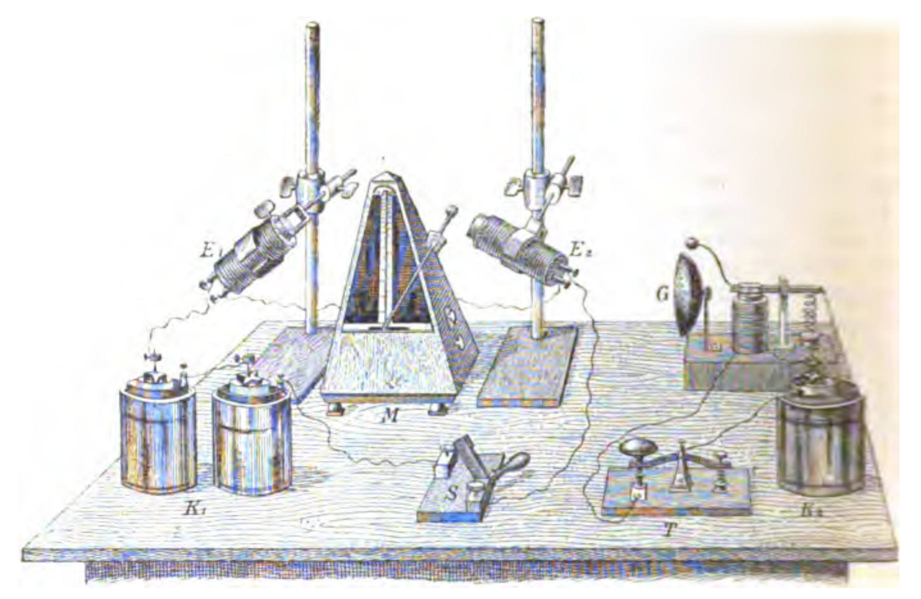


Fig. 211.

trägt an seiner Pendelstange einen kleinen Anker, der in jedem Moment durch Schluss der Kette K_1 an einem der beiden Elektromagnete E_1 oder E_2 festgehalten werden kann. Außerdem führt die Pendelstange in bekannter Weise ein Laufgewicht, durch welches die Geschwindigkeit der Schwingungen innerhalb der erforderlichen Grenzen regulirt wird. Da dies an einem und demselben Metronom nicht in zureichendem Umfange möglich ist, so bedarf man für die größten Geschwindigkeiten noch eines besonderen ausschließlich

1) Will man die Versuche allein ausführen, so können natürlich die Dimensionen des obigen Apparats sehr viel kleiner genommen werden. Man kann sich dann des von Cattell beschriebenen Fallchronometers bedienen. (Phil. Stud. III, S. 97, 107.)

für diese eingerichteten Metronoms. Ein (in der Figur nicht dargestellter) in den Kreis der Kette K_1 eingeschalteter Stromwender verhütet die bei constanter Stromrichtung leicht eintretende dauernde Magnetisirung der Elektromagnete und des Ankers. Der Stromschlüssel S gestattet es nach Belieben das Pendel schwingen zu lassen und durch Magnetisirung der Elektromagnete wieder momentan festzuhalten. Neben dieser Vorrichtung befindet sich eine zweite, welche zur Hervorbringung bestimmter einzelne Eindrücke auszeichnender Glockenschläge dient. Sie besteht aus einem Elektromagnete, der, sobald der Strom der Kette K_2 mittelst des Tasters T geschlossen wird, einen kleinen Hammer an die Glocke G anzieht. Der Versuch wird nun ausgeführt, indem der Experimentator durch Oeffnung von S das Metronom in Gang setzt und, nachdem der erste Metronomschlag den Beginn des Versuchs angekündigt hat, durch Beifügung eines Glockensignals zum zweiten Schlag den Anfang einer ersten Reihe markirt. Der Anfang der damit zu vergleichenden zweiten Reihe wird dann bei fortschwingendem Pendel in derselben Weise angegeben, und endlich durch Schluss bei S diese zweite Reihe sistirt. Bezeichnen wir die erste Reihe als Normal-, die zweite als Vergleichsreihe, so werden nun die zu einer und derselben Normalreihe gehörenden Vergleichsreihen bald gleichgroß bald um einen oder mehrere Pendelschläge größer oder kleiner genommen und jedesmal von den Versuchspersonen bestimmt, ob ihnen die Vergleichsreihe gleich, größer oder kleiner erscheint. Auf diese Weise ergibt sich bei Wiederholung der Beobachtungen zu jeder Normalreihe eine größere Anzahl von Richtig- und Falschschätzungen. Von den sonstigen Anwendungen der Methode der richtigen und falschen Fälle unterscheidet sich aber die vorliegende dadurch, dass die Grenze, von der aus eine Zusammenfassung der Eindrücke nicht mehr möglich ist, sehr scharf durch eine plötzliche Zunahme der falschen Fälle auf etwa 50 Procent aller Fälle zu erkennen ist. So lange die Richtigschätzungen 80 Proc. übersteigen, kann man annehmen, dass die Falschschätzungen in bloßen Schwankungen der Aufmerksamkeit ihren Grund haben.

Die folgenden Figuren geben nun graphische Darstellungen der Ergebnisse einer auf diese Weise von G. Dietze ausgeführten Hauptversuchsreihe ohne

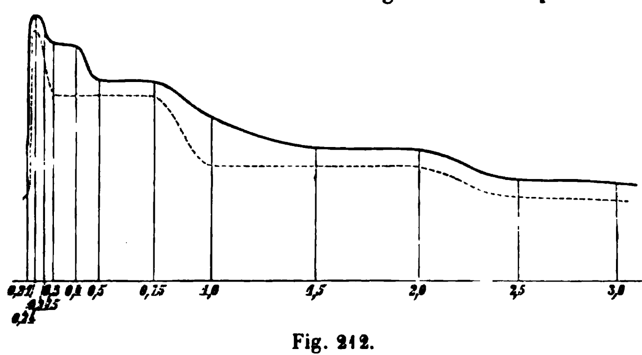


Fig. 212.

größere Gruppenbildungen, also mit Beschränkung auf rhythmische Zweigliederung[1]. Die Fig. 212 zeigt die Abhängigkeit der Zusammenfassung von der

1) G. Dietze, Phil. Stud. II, S. 362 ff. Vgl. Taf. III, Fig. 2^c und 3^c (Beobachter *M. M.*).

Intervalldauer. Zu diesem Zweck sind die Zeitintervalle der Pendelschläge von 0,21″ beginnend bis über 3″ auf einer Abcissenlinie aufgetragen, während durch die Höhe der Ordinaten die Zahl der zusammengefassten Eindrücke versinnlicht wird. Die ausgezogene Curve zeigt den Verlauf für geradzahlige, die unterbrochene für ungeradzahlige Reihen. Bei der untern Intervallgrenze steigt der Umfang des Bewusstseins sehr schnell auf sein Maximum, um dann zuerst ziemlich rasch und hierauf sehr allmählich wieder zu sinken. Der annähernd treppenförmige Verlauf des absteigenden Theils der Curve deutet an, dass innerhalb gewisser Intervallgrenzen der Umfang des Bewusstseins constante Verhältnisse darbietet, worauf er dann jedesmal plötzlich auf ein niedrigeres Niveau herabgeht. Jenseits der hier nicht mehr dargestellten oberen Grenze von 4″ sinkt die Curve abermals plötzlich nahe an die Abscissenlinie. Ergänzt wird diese Darstellung durch die Fig. 213, welche den Einfluss der Zahl der Eindrücke auf

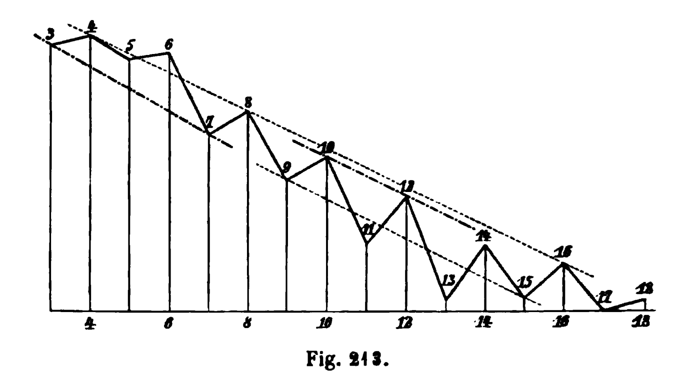


Fig. 213.

ihre Zusammenfassung im Bewusstsein für den Fall einfachster Gliederung (im $^2/_8$-Takt) versinnlicht. Hier bilden die je einer Normalreihe entsprechenden Schlagzahlen von 1 bis 18 die Abscissen, während die Ordinaten der Ueberzahl der Richtigschätzungen über die falschen Schätzungen proportional sind, ohne dass dabei auf den in der vorigen Curve dargestellten Einfluss der Zeitintervalle Rücksicht genommen wurde. Die hier dargestellten Größen sind also Mittel aus allen bei den verschiedenen Intervallen ausgeführten Versuchen. Man erkennt sofort den Vorzug geradzahliger gegenüber ungeradzahligen Reihen. Außerdem sind aber gewisse Zahlen besonders begünstigt, so 4, 6, 8, 16, unter den ungeradzahligen 3, 5, 7; am schwersten können 11 und 13 Eindrücke vereinigt werden. Während bei 17 keine Zusammenfassung mehr möglich ist, ist bei 18 noch ein geringes Uebergewicht richtiger Schätzungen vorhanden. Doch ist dieses Uebergewicht so unbedeutend, dass es gerechtfertigt scheint, wie es oben geschehen, die Grenze des Bewusstseins bei 16 Einzel- oder 8 Doppeleindrücken anzusetzen. Zugleich muss übrigens bemerkt werden, dass diese Grenze im allgemeinen erst nach einiger Uebung erreicht wird, und dass eine bequeme, nicht allzusehr ermüdende Zusammenfassung in der Regel nicht über 12 Einzeleindrücke reicht[1]).

1) Ueber einige Einwände F. Schumann's (Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. I, S. 75, II, S. 115) gegen diese Versuche vgl. Phil. Stud. VI, S. 250, VII, S. 222.

4. Schwankungen der Aufmerksamkeit.

Der Verlauf der Vorstellungen im Bewusstsein ist, wie aus dem Vorangegangenen erhellt, ein Vorgang, der wieder in zwei mit einander zusammenhängende Processe zerfällt: in das Kommen und Gehen der Vorstellungen innerhalb des allgemeinen Blickfeldes des Bewusstseins, und in das wechselnde Erfassen einzelner dieser Vorstellungen durch die Aufmerksamkeit. Indem nun der letztere Vorgang stets in dem Erfassen einer Vorstellung von mehr oder weniger zusammengesetzter Beschaffenheit besteht, ist es unvermeidlich, dass derselbe zugleich als ein discontinuirlicher Vorgang sich darstellt. Denn zwischen der Apperception je zweier auf einander folgender Vorstellungen wird eine Zwischenzeit liegen, in welcher die eine schon zu weit gesunken, die andere noch nicht zureichend gehoben ist, um klar appercipirt zu werden. Dauernd eine Vorstellung mit der Aufmerksamkeit festzuhalten, ist überdies, wie die Erfahrung zeigt, unmöglich: die Spannung der Aufmerksamkeit ist also ein Vorgang, kein bleibender Zustand. Ein dauernder Eindruck kann nur festgehalten werden, indem Momente der Spannung und der Abspannung der Aufmerksamkeit abwechseln. Demnach erweist sich die Aufmerksamkeit als eine ihrem Wesen nach intermittirende Function, und es entsteht für die experimentelle Untersuchung die Aufgabe, die zeitlichen Verhältnisse ihrer Ab- und Zunahme zu ermitteln. Um für die Lösung dieser Aufgabe die einfachsten Bedingungen herzustellen, lässt man sehr schwache Eindrücke, die leichter als stärkere unter die Aufmerksamkeitsschwelle sinken und dadurch in den Schwankungen ihres Klarheitsgrades verfolgt werden können, auf eines der hierzu geeigneten Sinnesorgane, Ohr, Auge, äußere Haut, einwirken, während man zugleich die Hauptphasen ihrer Klarheitsschwankungen auf einer zeitmessenden Vorrichtung registrirt. Die so ausgeführten Versuche zeigen, dass die Schwankungen der Aufmerksamkeit im allgemeinen unregelmäßig erfolgen, indem nicht nur die Dauer einer aus einem einmaligen Sinken und Steigen zusammengesetzten Schwankungsperiode in der Regel fortwährend wechselt, sondern auch das Verhältniss der eine solche Periode zusammensetzenden Zeiten des Auftauchens im Blickpunkte des Bewusstseins und des Sinkens fortwährenden Veränderungen unterworfen ist. So fanden Eckener[1]) bei Schall-, Pace[2]), Martius und Marbe[3]) bei Lichteindrücken Perioden, die

1) Eckener, Phil. Stud. VIII, S. 371 ff.
2) Pace, ebend. S. 391 ff.
3) Marbe, ebend. S. 620 ff.

durchschnittlich, abgesehen von einzelnen extremen Werthen, im Minimum auf 6—8 Sec. herabgingen, im Maximum sich auf 18—24 Sec. erhoben. Dabei ist in der Regel die Zeit des Sinkens unter die Aufmerksamkeitsschwelle erheblich kleiner als die Zeit der Erhebung über dieselbe; doch ist dieses Verhältniss, wie Martius und Marbe feststellen konnten, wesentlich von der Stärke des Eindrucks abhängig: je näher dieser der Reizschwelle kommt, um so mehr verlängert sich die Dauer des Sinkens gegenüber derjenigen der Erhebung; je übermerklicher dagegen die Empfindung wird um so kürzer wird die erste, und um so länger die zweite Zeit. Auf diese Weise nähert man sich continuirlich dort einer Grenze, bei welcher der Reiz zu schwach ist, um jemals die Aufmerksamkeitsschwelle zu erreichen, hier einer andern, wo er zu stark ist, um unter den gegebenen Bedingungen unter sie zu sinken. Uebrigens hat außerdem die Art, wie sich die Aufmerksamkeit auf den Reiz einstellt, und wie hiernach die Registrirung desselben vorgenommen wird, auf den Zeitverlauf der Erscheinungen einen wesentlichen Einfluss. Folgt man nicht dem allmählichen Auf- und Absteigen der Klarheit stetig mit den Bewegungen der registrirenden Hand, sondern sucht man nur in jeder Schwankungsperiode den Moment des Maximums der Klarheit zu fixiren, so werden die Perioden nicht bloß kürzer, sondern meistens auch regelmäßiger. Ein rascherer Verlauf wird außerdem, wie die vorhin erwähnten Einflüsse der Reizstärke leicht begreiflich machen, durch eine günstige, eben deutlich über der Reizschwelle gelegene, aber derselben nahe Intensität des Eindrucks befördert. Hieraus erklärt es sich wohl, dass N. Lange[1]), der diese Erscheinungen zuerst eingehender verfolgte, nicht nur viel kürzere, sondern auch viel regelmäßigere Perioden erhielt als die späteren Beobachter. Eine Bedingung zur Herstellung einer solchen Regelmäßigkeit, die dann auch bei continuirlicher Registrirung eintritt, ist besonders, wie Pace[2]) fand, die möglichste Constanz der Reizbarkeit des Sinnesorgans. In Folge der Adaptation des Auges nimmt aber allmählich die Reizbarkeit zu, die Reizschwelle sinkt also im Verlauf der Versuche. Als Pace, um diesen Einfluss zu compensiren, während der Dauer einer Versuchsreihe den Reiz langsam, der fortschreitenden Vertiefung der Schwelle entsprechend, verminderte (dadurch dass er einen etwas weiter vom Mittelpunkt gelegenen Ring der von ihm benutzten Masson'schen Scheibe fixirte), so erhielt er ziemlich regelmäßige Schwankungsperioden von durchschnittlich nur 3,5 Sec. Dauer mit einer mittleren Variation von 0,3. Dies entspricht genau den Ergebnissen von N. Lange, der bei Lichtempfindungen von der gleichen

---

1) Nic. Lange, Phil. Stud. IV, S. 390 ff.
2) A. a. O. S. 394.

Beschaffenheit 3,0—3,4, bei Schallreizen 3,5—4, endlich bei elektrischen Hautreizen 2,5—3 Sec. als Dauer einer Schwankungsperiode fand[1].

Unter den Einflüssen, welche diese in bestimmten Grenzfällen auftretende Regelmäßigkeit der Erscheinungen stören, scheint die Einwirkung anderer die Aufmerksamkeit ablenkender Sinnesreize eine besonders große Rolle zu spielen. Es versteht sich von selbst, dass die Versuche an und für sich unter Bedingungen angestellt werden müssen, welche diesen Zufluss anderer Sinnesreize möglichst ausschließen, also z. B. die Lichtversuche in einem gleichmäßig erhellten Raum, die Schallversuche in der Stille der Nacht u. s. w. Aber ganz lassen sich solche störende Nebenreize nicht vermeiden. Sind alle sonstigen Eindrücke ausgeschlossen, so bleiben die Erregungen zurück, die von den Bewegungen des eigenen Körpers, vor allem von den Athembewegungen und den sie begleitenden Geräuschen, und von subjectiven Sinnesreizen herrühren. Je sorgfältiger äußere Reize abgehalten werden, um so mehr drängen sich solche unvermeidliche subjective Erregungen der Aufmerksamkeit auf. Sie üben nun, wie Eckener speciell bei Schalleindrücken fand, einen fortwährenden ablenkenden Einfluss auf die Aufmerksamkeit aus, und da sie nicht nur je nach der Disposition des Bewusstseins in ihrem Einflusse wechseln können, sondern auch an keine bestimmte Zeitfolge gebunden sind, so begreift es sich leicht, dass die Schwankungen im allgemeinen keine Regelmäßigkeit einhalten, sofern nicht etwa die ablenkenden Reize selbst einen regelmäßig periodischen Charakter besitzen. In letzterer Beziehung könnte namentlich von der Athmung vermuthet werden, dass sie nicht bloß störend in die Erscheinung eingreife, sondern dass gerade sie es sei, die auf irgend eine Weise, und vielleicht auf einem ganz anderen Wege als durch die Wirkung auf die Aufmerksamkeit, die Schwankungen des Klarheitsgrades, da wo diese regelmäßig auftreten, hervorbringe. In der That zeigte sich in Versuchen von Alfr. Lehmann, in denen gleichzeitig die Athembewegungen registrirt wurden, dass in einem Fall zwischen den hier erörterten Erscheinungen und der Athmungsfrequenz ein gewisser Zusammenhang zu bestehen scheint, nämlich bei Hautreizen. Zwar fielen auch hier nicht bestimmte Phasen der Schwankungs- und der Athmungscurve zusammen; wohl aber ergab sich eine ungefähre Uebereinstimmung der Frequenz beider Perioden[2]. Bei Schall- und Lichteindrücken war jedoch eine solche Beziehung nicht aufzufinden; sie scheint also in jenem speciellen Fall in der eigenthümlichen Verbindung begründet zu sein, in welcher der Hautsinn zu den reflectorischen Antrieben der

1) N. Lange, a. a. O. S. 404.
2) Alfr. Lehmann, Phil. Stud. IX, S. 66 ff.

Inspiration steht, einer Verbindung, die namentlich bei den Kältereizen bekannt ist, aber auch bei den hier angewandten elektrischen Erregungen nicht fehlt[1]). Ueberdies sind aber die in den meisten andern Untersuchungen gefundenen Schwankungsperioden zu groß, als dass sie mit der Athmungsfrequenz in irgend eine regelmäßige Beziehung gebracht werden könnten.

Von besonderer Bedeutung unter diesen Einwirkungen begleitender Sinneseindrücke sind endlich diejenigen, die von den Muskelapparaten des Sinnesorgans ausgehen, auf welches der beobachtete Sinneseindruck einwirkt: so beim Auge von der Einstellung der äußeren Augenmuskeln und der Accommodation, beim Ohr von der Spannung des Trommelfells. Die Beobachtung lehrt, dass die an diese Muskelwirkungen gebundenen Empfindungen gerade so wie andere Sinnesreize auf den Vorgang einwirken können. Einen directen Einfluss aber, an den man etwa denken könnte, indem man die Klarheitszunahme der Empfindung z. B. auf eine Einstellung der Accommodationsapparate in Auge und Ohr, ihre Abnahme auf eine Ermüdung der nämlichen Apparate zurückführte, üben auch diese begleitenden Vorgänge nicht aus; denn die Versuche zeigen, dass die Schwankungen ungeändert bleiben, wenn Auge und Ohr, jenes durch die Lähmung der Accommodation, dieses durch Mangel des Trommelfells. solchen Veränderungen nicht mehr unterworfen sind. Es können daher diese Einflüsse, insofern sie in einzelnen Fällen wirklich stattfinden, ebenfalls nur als secundäre betrachtet werden, d. h. als solche die auf den unabhängig bestehenden Vorgang einwirken, nicht aber als solche die ihn erst hervorbringen[2]).

Ergibt sich aus allen diesen Thatsachen der Schluss, dass die unter den angegebenen Bedingungen beobachteten Schwankungen einen centralen Sitz haben, so machen es nun aber weiterhin die besonderen Eigenthümlichkeiten derselben zweifellos, dass es sich hier nur um ein Phänomen der Aufmerksamkeit handeln kann. In dieser Beziehung ist

1) Lehmann selbst findet allerdings insofern nicht nur bei Haut-, sondern auch bei Schall- und Lichtreizen eine gewisse Beziehung zu den Athmungsperioden, als die Frequenzmaxima des »Aufloderns der Empfindung«, die sich aus der statistischen Behandlung vieler Versuche ergaben, meist eine ziemlich regelmäßige Lage innerhalb der Athmungscurve hatten, nämlich einerseits kurz nach dem Gipfel der Inspirations- und anderseits kurz nach dem tiefsten Punkt der Exspirationscurve. Aber es scheint mir zweifelhaft, ob aus diesem statistischen Ergebniss ein Schluss in der vorliegenden Frage gezogen werden kann. Es wäre wohl möglich, dass es sich hier um eine inconstante Beeinflussung handelt, der darum keine andere Bedeutung zugeschrieben werden könnte als andern zufällig ablenkenden Sinnesreizen, denen gelegentlich wohl einmal ein Einfluss zukommen kann, nicht nothwendig aber ein solcher zukommen muss. Vielleicht ist übrigens die Auffassung Lehmann's von diesem Verhältniss keine andere, da er die Thatsachen ohne weitere daran geknüpfte Folgerungen mittheilt.

2) Eckener, a. a. O. S. 360. Pace, a. a. O. S. 399.

namentlich der Umstand entscheidend, dass, wie Eckener feststellte, das Verhalten des Eindrucks bei seinem Zurücktreten im Bewusstsein ein wesentlich anderes ist als das einer ganz aus dem Bewusstsein verschwindenden Empfindung. Man hat, wenn der Eindruck wieder hervortritt, das deutliche, von einem eigenthümlichen Gefühl begleitete Bewusstsein, dass er inzwischen, obgleich nicht appercipirt, doch vorhanden gewesen sei, ein ähnliches Gefühl, wie es auch bei den früher geschilderten Versuchen über die Apperception momentaner Eindrücke die Existenz weiterer nicht appercipirter Sinnesreize andeutet[1]). In Folge dessen wird denn auch im allgemeinen dieses in Folge des Nachlassens der Aufmerksamkeit erfolgende Zurücktreten eines Reizes von einem objectiven Verschwinden desselben sicher unterschieden. Nur dann können beide Fälle mit einander verwechselt werden, wenn das objective Aussetzen sehr kurz dauert, wo es entweder ganz übersehen oder auch für eine bloß subjective Schwankung gehalten werden kann. Dies hat wahrscheinlich darin seinen Grund, dass in diesem Fall das Erinnerungsbild des Reizes für eine Fortdauer des wirklichen Eindrucks gehalten wird, entsprechend der schon von Fechner beobachteten Erscheinung, dass solche einem Eindruck sofort nachfolgende Erinnerungsbilder eine ungewöhnliche Stärke besitzen[2]). Demgemäß fand Eckener, dass bei solchen Personen, bei denen die Erinnerungsbilder länger dauerten, leichter Verwechselungen beider Vorgänge vorkamen, und dass bei ihnen die subjectiven Schwankungen kürzer dauerten und seltener eintraten[3]). Bezeichnend für den Charakter der letzteren ist endlich ihr Verhalten bei gleichzeitigem Vorhandensein zweier Minimalreize. Hierbei ist aber der Erfolg wieder ein wesentlich verschiedener, je nachdem diese einem und demselben Sinnesgebiet angehören oder nicht. Im ersteren Fall zeigt nur ein Eindruck die Schwankungen, und zwar derjenige, auf den sich die Aufmerksamkeit spannt; der andere wird als ein continuirlich fortdauernder empfunden, und eine objective Unterbrechung desselben wird daher sofort bemerkt[4]). Im zweiten Fall ist es, wie Lange beobachtete, möglich auf beide Reize gleichzeitig die Aufmerksamkeit zu spannen: es zeigen dann auch beide die Schwankungserscheinungen, aber die Perioden derselben fallen nicht zusammen, sondern es steigt abwechselnd zuerst der eine und dann der andere auf das Maximum der Klarheit, wie dies die Fig. 214 schematisch darstellt. In derselben bezeichnet die stark gezogene Curve einen akustischen, die

---

1) Siehe oben S. 287.
2) Fechner nannte darum diese Art von Erinnerungsbildern »Erinnerungsnachbilder« Elemente der Psychophysik, II, S. 491).
3) Eckener, a. a. O, S. 370, 379.
4) Eckener, a. a. O. S. 368.

schwach gezogene einen optischen Reiz. Die stark gezogene Abscissenlinie bezeichnet die Aufmerksamkeitsschwelle, die zu ihr parallel gezogene schwächere Linie schneidet die Gipfelpunkte der Schwankungscurven ab, auf welche der Beobachter reagirte. Der hier auftretende Wechsel der

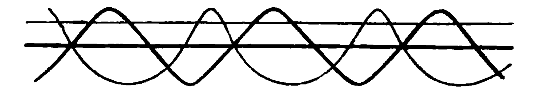


Fig. 214.

disparaten Eindrücke entspricht augenscheinlich der früher hervorgehobenen Thatsache, dass im Zustande gespanntester Aufmerksamkeit in einem gegebenen Moment immer nur **ein** Eindruck vollkommen klar appercipirt werden kann.

Die ersten Beobachtungen über die oben erörterten Schwankungen in der Apperception minimaler Reize sind von Urbantschitsch bei Gehörseindrücken gemacht worden[1]). Er bezog die Erscheinung auf Schwankungen in der Erregbarkeit des Nervus acusticus. Eingehender untersuchte dann N. Lange die nämliche Erscheinung nicht nur bei Gehörs- sondern auch bei Gesichts- und Tasteindrücken, und er kam nach seinen Beobachtungen zu dem Schlusse, dass sie auf den Spannungsverhältnissen der Aufmerksamkeit beruhe[2]). Da er an Erinnerungsbildern die nämlichen Schwankungen vorfand, so kam Lange zu dem Schlusse, dass das periodische Auftauchen von Erinnerungsbildern, welche abwechselnd steigen und sinken und bei ihrem Steigen den äußeren Eindruck verstärken, der Erscheinung zu Grunde liege. Dagegen zeigte Eckener, dass dieser Schluss, der auf der Auffassung der Aufmerksamkeit als einer den Eindruck verstärkenden Thätigkeit beruht, der zureichenden Begründung entbehre und überdies das erste Auftauchen eines Eindrucks, dem doch noch kein Erinnerungsbild entgegenkommen kann, gar nicht begreiflich machen würde. Außerdem wurde von allen späteren Beobachtern constatirt, dass die Schwankungen in der Regel der von Lange gefundenen periodischen Regelmäßigkeit entbehren, was Eckener und Pace auf ablenkende Reize zurückführten, unter denen namentlich auch solche, die von den Muskeln der Sinnesorgane selbst ausgehen, eine Rolle spielen[3]). Damit ist dann freilich von selbst gegeben, dass unter bestimmten Bedingungen die Schwankungen regelmäßig werden können, was denn auch Pace bei Lichtreizen, Lehmann bei Hautreizen nachwies; nicht minder nähern sich die Versuchsreihen Marbe's in einzelnen Fällen einem regelmäßigen Verhalten[4]). Die Annahme Münsterberg's dagegen, dass die Schwan-

1) Urbantschitsch, Med. Centralbl. 1875, S. 626 ff. Pflüger's Archiv, XXIV, S. 574 ff XXVII, S. 440 ff. In diesen Arbeiten sind noch andere Erscheinungen beschrieben, bei denen möglicherweise die Ermüdung der Nerven eine Rolle spielt. Sie weichen aber in ihren Bedingungen von den oben erörterten ab, indem sie Intermissionen der Empfindung bei starken Geräuschen betreffen, die erst nach längerer Zeit, 10—15″ eintraten.

2) N. Lange, Phil. Stud. IV, S. 390 ff.

3) Eckener, Phil. Stud. VIII, S. 343 ff. Pace, ebend. S. 388 ff.

4) Vgl. z. B. a. a. O. S. 621, Tab. II (momentane Registrirungsmethode).

kungen überhaupt nur in Vorgängen im peripherischen Sinnesapparat ihre Ursache hätten[1], konnte von keinem der andern Beobachter bestätigt werden. Sie alle sind daher darüber einig, dass der Sitz der Schwankungen ein centraler sei. Nur lassen MARBE und LEHMANN zweifelhaft, ob dieselben auf die Aufmerksamkeit und nicht vielmehr auf sonstige Verhältnisse der centralen Innervation zurückzuführen seien, während PACE und namentlich ECKENER auf Grund ihrer Ermittelungen entschieden auf einen Zusammenhang mit den Aufmerksamkeitsprocessen schließen[2].

Für die letztere Auffassung treten übrigens auch Beobachtungen ein, die BERTELS über den Einfluss kurz vorangehender Sinnesreize, die dem nämlichen Sinnesgebiet angehören, auf die Schwankungen der Reizschwelle ausführte. Er ließ einen schwachen Lichtreiz von $^1/_2$ Sec. Dauer in oft wiederholten Beobachtungen auf das linke Auge im Dunkelraum einwirken. Ihm ging in einem Theil der Versuche in einem fest bestimmten, aber in den einzelnen Versuchsreihen variabeln Intervall ein Reiz von etwa der 1500fachen Stärke auf das rechte Auge voraus. Es wurde dann die etwaige Veränderung der Reizschwelle aus der relativen Häufigkeit der Fälle, in denen der nachfolgende schwache Reiz wahrgenommen wurde, bemessen. Nahm man als Schwellenwerth die Reizgröße an, die in 50% aller Beobachtungen bemerkt und in 50% nicht bemerkt wurde, so bedeutete demnach eine Erhöhung der Fälle ersterer Art über 50% eine Abnahme, ein Sinken unter 50% ein Steigen der Aufmerksamkeitsschwelle. Die Versuche von BERTELS zeigten nun, dass der vorangehende Reiz bei sehr kurzer Zwischenzeit ähnlich wirkte wie nach den Ergebnissen der oben genannten Beobachter ein gleichzeitiger Sinnesreiz, indem in einer größeren Zahl von Fällen der nachfolgende schwache Reiz nicht bemerkt wurde. Stieg aber das Intervall zwischen den beiden Reizen auf etwa 2 Sec., so sank nun umgekehrt die Aufmerksamkeitsschwelle, und sie erreichte bei $2\,^3/_8$ ihr Minimum, um von da an wieder zuzunehmen[3]. Der vorangehende Reiz kann also offenbar je nach der Größe des Intervalls eine doppelte Wirkung haben: entweder lenkt er die Aufmerksamkeit ab, wodurch er einen ihm folgenden der Schwelle naheliegenden Reiz unter die Schwelle herabdrückt, oder er kann als Signalreiz wirken, wo er den umgekehrten Erfolg hat. Die für die letztere Wirkung günstigste Zeit von $2-2\,^1/_2$ Sec. stimmt zugleich annähernd mit dem bei den Beobachtungen über die Reaction auf Sinneseindrücke gefundenen günstigsten Intervall überein. (Vergl. unten Cap. XVI, 2.)

1) MÜNSTERBERG, Beiträge zur experimentellen Psychologie, II, S. 69 ff.

2) Außer den Aufmerksamkeitsschwankungen unterscheidet übrigens ECKENER noch kurz dauernde und seltener eintretende Intermissionen des Eindrucks, die objectiven Unterbrechungen desselben vollkommen gleichen, und von denen er daher vermuthet, dass sie auf wirklichen Intermissionen der Nervenerregung beruhen. (Phil. Stud. VIII, S. 361.) LEHMANN glaubt, dass dies diejenigen Schwankungen seien, um deren Untersuchung es sich eigentlich handle. Aber es scheint mir nicht zweifelhaft, dass die von LEHMANN selbst registrirten Schwankungen durchaus mit den von ECKENER als Aufmerksamkeitsphänomene betrachteten und nicht mit jenen nur ganz sporadisch beobachteten Erscheinungen zusammenfallen.

3) BERTELS, Versuche über die Ablenkung der Aufmerksamkeit. Diss. Dorpat 1889.

5. Entwicklung des Bewusstseins.

Die Anfänge unseres Bewusstseins sind in Dunkel gehüllt. Kurze Zeit nach der Geburt verräth uns das Kind, dass es sich an gewisse Eindrücke wieder erinnert, dass also jene Verbindung der Vorstellungen, die wir überall als ein Symptom des Bewusstseins betrachten, bei ihm vorhanden ist. Die erste Entwicklung des Bewusstseins geht daher wahrscheinlich sogar beim Menschen der Geburt voran, wenn auch dieses früheste Bewusstsein wohl immer nur auf schnell einander folgende oder oft wiederholte Sinnesreize sich erstreckt. Auch die Aufmerksamkeit beginnt meistens schon in den ersten Lebenstagen sich zu äußern. Sie wird offenbar vorzugsweise durch lebhafte Sinneseindrücke geweckt, welche zunächst eine passive Apperception herausfordern. Erst nach Ablauf der ersten Lebenswochen verräth sich in der gelegentlichen Bevorzugung solcher Gesichtseindrücke, die sich durch keinerlei auffallende Eigenschaften auszeichnen, das Erwachen der activen Aufmerksamkeit. Noch aber ist der Zusammenhang des Bewusstseins ein äußerst beschränkter. Noch nach Ablauf der ersten Monate vergisst das Kind die Personen seiner täglichen Umgebung, wenn es sie einige Wochen lang nicht gesehen hat. Was wir vor unserm fünften oder sechsten Jahre erlebten, ist aus unser Aller Gedächtniss gelöscht, und auch von der nächstfolgenden Zeit bleiben nur einzelne besonders intensive oder ungewohnte Eindrücke bestehen. Auf diese Weise stellt langsam die Continuität des Bewusstseins sich her. Aber auch später noch erfährt dieselbe mannigfache kürzer oder länger dauernde Unterbrechungen: so namentlich im Schlafe und in manchen Fällen geistiger Störung[1]).

Während für die Entwicklung der Continuität des Bewusstseins die Ausbildung von Verbindungen zwischen den Vorstellungen eine wesentliche Bedingung ist, sondern sich nun aber bald diese Verbindungen in losere und festere, und es entsteht, angeregt durch den Wechsel der Eindrücke, eine trennende Thätigkeit, welche einen Theil der ursprünglichen Verbindungen wieder löst. Dem unentwickelten Bewusstsein fließt alles gleichzeitig Vorgestellte mehr oder minder zusammen. Dem Kinde verschmilzt das Haus mit dem Platze, auf dem es steht, das Ross mit dem Reiter, der Kahn mit dem Flusse in ein untrennbares Bild. Erst allmählich sondern sich theils in Folge der unmittelbar wahrgenommenen Bewegungen und Veränderungen der Gegenstände, theils in Folge der

1) Vgl. unten Cap. XIX.

Ausscheidung der festeren aus den loseren Vorstellungsverbindungen aus jenen ursprünglichen Complexen die Einzelvorstellungen als diejenigen, welche die constanteren Bestandtheile der wechselnden Verbindungen bilden. Dieser Zerlegungsprocess, welcher die ganze Weiterentwicklung des Bewusstseins bestimmt, findet sich von Anfang an vorgebildet in der Beschränkung der Apperception. Indem diese einzelne Bewusstseinselemente zu größerer Klarheit erhebt, sondert sie dieselben zugleich von dem übrigen dunkleren Bewusstseinsinhalt.

Dieser subjectiven kommen nun gleichzeitige objective Entwicklungsbedingungen begünstigend entgegen. Insbesondere betheiligt sich an der Sonderung der Einzelvorstellungen ein Vorstellungscomplex, welcher für die weitere Ausbildung des Bewusstseins eine hervorragende Bedeutung beansprucht. Es ist dies die Gruppe derjenigen Vorstellungen, deren Quelle in uns selber liegt. Die Sinnesvorstellungen, die wir von unserm eigenen Leibe empfangen, und die Bewegungsvorstellungen unserer Glieder haben vor allen anderen den Vorrang, dass sie eine permanente Vorstellungsgruppe bilden. Da namentlich einzelne Muskeln immer in Spannung oder in Thätigkeit sind, so fehlt niemals in unserm Bewusstsein eine bald unklare, bald klarere Vorstellung von den Stellungen oder Bewegungen unseres Körpers. Die im Bewusstsein vorhandenen Elemente dieser Vorstellungsgruppe sind aber mit den außerhalb stehenden durch häufige Association innig verknüpft, so dass auch sie sich mindestens auf der Schwelle des Bewusstseins befinden, d. h. jeden Augenblick in dasselbe eintreten können. Diese permanente Gruppe von Vorstellungen besitzt ferner die Eigenschaft, dass wir uns jeder derselben als einer solchen bewusst sind, die wir jeden Augenblick willkürlich zu erzeugen vermögen. Die Bewegungsvorstellungen erzeugen wir unmittelbar durch den Willensimpuls, der die Bewegungen hervorbringt, und die Gesichts- und Tastvorstellungen unseres eigenen Leibes erzeugen wir mittelbar durch die willkürliche Bewegung unserer Sinnesorgane. Indem wir so die permanente Vorstellungsgruppe als unmittelbar oder mittelbar von unserm Willen abhängig auffassen, bezeichnen wir dieselbe als das Selbstbewusstsein[1]).

Das Selbstbewusstsein in den Anfängen seiner Entwicklung ist ein durchaus sinnliches. Es besteht aus einer Reihe sinnlicher Vorstellungen,

---

1) Beobachtungen über die Entwicklung des Bewusstseins beim Kinde sind mehrfach gesammelt worden. Ich verweise hier zur Ergänzung der obigen Darstellung namentlich auf Kussmaul, Untersuchungen über das Seelenleben des neugeborenen Menschen. Leipzig und Heidelberg 1859. Berth. Sigismund, Kind und Welt. Braunschweig 1856. Ch. Darwin, Biographical sketch of an infant. Mind, July 1877. Preyer, Die Seele des Kindes. Leipzig 1882. 3. Aufl. 1890. Perez, L'enfant de trois à sept ans. Paris 1886. Speciell über die Sinneswahrnehmungen des Kindes handelt: Genzmer, Die Sinneswahrnehmungen des neugeborenen Menschen. Diss. Halle 1873. Ueber die Entwicklung der Bewegungen und der Sprache vgl. Abschnitt V.

die nur durch ihre Permanenz und ihre theilweise Abhängigkeit vom Willen sich vor anderen auszeichnen, während gleichzeitig lebhafte Gefühle, namentlich Gemeingefühle, ihre Wirkung verstärken. Schon bei den niedersten Thieren sind alle Bedingungen zur Ausbildung eines solchen einfachen Selbstbewusstseins vorhanden. Selbst bei Kindern und Wilden spielt die Permanenz der Vorstellungen noch die überwiegende Rolle. In äußere Objecte, die eine entsprechende Constanz ihrer Merkmale darbieten, wird daher auf dieser Stufe meist ein dem eigenen ähnliches Selbstbewusstsein verlegt: sie gelten als belebt und beseelt[1]).

Allmählich aber gewinnt auf die Selbstauffassung die Thätigkeit des Willens den überwiegenden Einfluss, durch welchen sich das Selbstbewusstsein mehr und mehr auf den Willen selbst und die von ihm abhängigen psychischen Functionen zurückzieht. Schließlich wird so die Thätigkeit der Apperception die ausschließliche Trägerin des Selbstbewusstseins, der gegenüber unser eigener Körper mit allen Vorstellungen, die sich auf ihn beziehen, als ein äußeres, von unserem eigentlichen Selbst verschiedenes Object erscheint. Dieses auf den Apperceptionsvorgang bezogene Selbstbewusstsein nennen wir unser Ich, und die Apperception der Vorstellungen überhaupt wird daher auch nach dem Vorgange von Leibniz als ihre Erhebung in das Selbstbewusstsein bezeichnet. So liegt in der natürlichen Entwicklung des Bewusstseins schon die Vorbereitung zu den abstractesten Gestaltungen, welche die Philosophie diesem Begriff gegeben hat; nur liebt es die letztere, den Entwicklungsprocess umzukehren, indem sie das abstracte Ich an den Anfang stellt. Auch darf man nicht übersehen, dass dieses abstracte Ich zwar vorbereitet ist in der natürlichen Entwicklung des Selbstbewusstseins, in diesem aber nicht existirt. Selbst der speculative Philosoph vermag sein Selbstbewusstsein nicht loszulösen von seinen körperlichen Vorstellungen und Gemeingefühlen, welche fortan den sinnlichen Hintergrund der Ichvorstellung bilden. Diese Vorstellung als solche ist eine sinnliche wie jede Vorstellung, und selbst der Apperceptionsvorgang wird stets von sinnlichen Gefühlen und Empfindungen begleitet.

---

1) Durchaus nicht von entscheidender Bedeutung ist die häufig hierher bezogene Beobachtung, dass die meisten Kinder sich zuerst in dritter Person nennen, ehe sie das Wort »Ich« gebrauchen. Das Kind folgt hierin, wie in allen Dingen, dem Erwachsenen: es benutzt den Namen, den ihm dieser beilegt, ebenfalls für sich. Eine Minderzahl von Kindern lernt überdies von frühe an das Ich richtig gebrauchen, ohne dass in der sonstigen Entwicklung des Selbstbewusstseins irgend eine Abweichung zu bemerken wäre.

Sechzehntes Capitel.

Apperception und Verlauf der Vorstellungen.

1. Einfache Reaction auf Sinneseindrücke.

Unter den Vorstellungen, die sich in unserm Bewusstsein befinden, sind in jedem Augenblick nur diejenigen unmittelbar der inneren Beobachtung zugänglich, die im Blickpunkt der Aufmerksamkeit stehen. Auf das Gehen und Kommen der im ganzen Umfang des Bewusstseins liegenden Vorstellungen können wir nur aus ihren Rückwirkungen auf die im inneren Blickpunkt befindlichen zurückschließen, wie dies die Beobachtungen über den Umfang des Bewusstseins (S. 288 ff.) deutlich machen. Die Bewegung der Aufmerksamkeit von einer Vorstellung zur andern wird nun theils durch den äußeren Wechsel des Sinneseindrücke, theils durch die inneren Eigenschaften des Bewusstseins bedingt, welche sich in der Association und Reproduction der Vorstellungen zu erkennen geben. Es eröffnen sich daher zwei Wege der Beobachtung. Der eine besteht in der Untersuchung des von den äußeren Sinneseindrücken abhängigen Wechsels der Vorstellungen, der andere in der Auffassung des Verlaufs der Erinnerungsbilder. Von diesen beiden Wegen hat die ältere Psychologie allein den zweiten eingeschlagen, indem sie stillschweigend voraussetzte, der Verlauf der Sinneswahrnehmungen wiederhole unmittelbar und im wesentlichen unverändert den zeitlichen Verlauf der äußeren Eindrücke. Dem ist jedoch nicht so, vielmehr wird die Art, wie das äußere Geschehen in unseren Vorstellungen sich abbildet, durch die Eigenschaften des Bewusstseins und der Aufmerksamkeit mitbedingt. Nun kann aber das Verhältniss des Wechsels der Vorstellungen zu dem Wechsel der verursachenden Reize überhaupt nur bei den aus äußerer Reizung stammenden Wahrnehmungen festgestellt werden, während es uns hierzu bei den Erinnerungsbildern an jedem Anhaltspunkte gebricht. Dagegen bieten diese ihrerseits die nächsten Motive, um die von dem Inhalt der Vorstellungen ausgehenden Ursachen der Verbindung und des zeitlichen Wechsels derselben zu ermitteln. Demnach ergibt sich uns als erste Aufgabe die Untersuchung der allgemeinen Gesetze des Verlaufs der Vorstellungen, gegründet auf die experimentelle Erforschung des Verhältnisses ihrer zeitlichen Entstehung und Aufeinanderfolge zu den verursachenden äußeren

Reizen; daran schließt sich im nächsten Capitel als *zweite* Aufgabe die Untersuchung der Verbindungsgesetze der Vorstellungen, die sich wesentlich auf die Beobachtung der Verbindungen der Erinnerungsbilder unter einander und mit äußeren Sinneswahrnehmungen zu stützen hat.

Der einfachste Fall für die Erfassung einer äußeren Sinnesvorstellung durch die Aufmerksamkeit ist offenbar dann gegeben, wenn wir den Eindruck, der zur Vorstellung erhoben werden soll, erwarten, und wenn der letztere von *einfacher und bekannter* Beschaffenheit ist, also z. B. in einem einfachen Licht-, Schall- oder Tastreiz von bekannter Qualität und Stärke besteht. Die in diesem Fall zur Auffassung des nach dem Centralorgan geleiteten Eindrucks erforderliche Zeit, die demnach lediglich den psychophysischen Vorgang der Erfassung durch die Aufmerksamkeit einschließt, wollen wir als *einfache Apperceptionsdauer* bezeichnen. Wir besitzen kein Hülfsmittel, um dieselbe direct zu bestimmen, sondern wir vermögen auf ihre Größe und ihre Veränderungen unter bestimmten Bedingungen immer nur aus gewissen zusammengesetzten Zeiten zurückzuschließen, in welche sie als Bestandtheil eingeht. Die zunächst sich darbietende Methode zu ihrer Messung besteht nämlich darin, dass man an einer zeitmessenden Vorrichtung den Moment, in welchem der Sinneseindruck stattfindet, durch den äußeren Vorgang selbst genau angeben lässt, und sodann den Moment, in welchem man den Eindruck appercipirt. an derselben Vorrichtung registrirt. Dieser ganze Zeitraum ist von den astronomischen Beobachtern, die sich wegen seines Einflusses auf objective Zeitbestimmungen zuerst mit ihm beschäftigten, die *physiologische* Zeit genannt worden. Da aber dieser Ausdruck zum Theil in verschiedenem Sinne gebraucht wird, so wollen wir uns statt desselben des von Exner vorgeschlagenen Wortes *Reactionszeit* bedienen. Zur Unterscheidung von später zu untersuchenden verwickelteren Vorgängen soll außerdem die unter den oben angegebenen einfachsten Bedingungen ermittelte Zeit speciell als *einfache Reactionszeit* bezeichnet werden. Der Vorgang welcher dieser Zeit entspricht, setzt sich nun aus folgenden einzelnen Vorgängen zusammen: 1) aus der Leitung vom Sinnesorgan bis in das Gehirn, 2) aus dem Eintritt in das Blickfeld des Bewusstseins oder der Perception, 3) aus dem Eintritt in den Blickpunkt der Aufmerksamkeit oder der Apperception, 4) aus der Willenserregung, welche im Centralorgane die registrirende Bewegung auslöst, und 5) aus der Leitung der so entstandenen motorischen Erregung bis zu den Muskeln und dem Anwachsen der Energie in denselben. Der erste und der letzte dieser Vorgänge sind rein physiologischer Art. Bei jedem derselben verfließt eine verhältnissmäßig kurze Zeit, welche der Eindruck braucht, um in den

peripherischen Nerven geleitet zu werden, und eine wahrscheinlich etwas längere, welche die Leitung im Centralorgan beansprucht. Dagegen werden wir die drei mittleren Vorgänge, die Perception, die Apperception und die Entwicklung des Willensimpulses, als psycho-physische bezeichnen dürfen, insofern sie gleichzeitig eine psychologische und eine physiologische Seite haben. Unter ihnen ist die Perception höchst wahrscheinlich mit der Erregung der centralen Sinnesflächen unmittelbar gegeben. Wir haben allen Grund anzunehmen, dass ein Eindruck, der auf ein Sinnescentrum einwirkt, dadurch an und für sich schon in dem allgemeinen Blickfeld des Bewusstseins liege. Eine besondere Thätigkeit, die wir auch subjectiv wahrnehmen, ist erst erforderlich, um nun einem solchen Eindruck die Aufmerksamkeit zuzuwenden. Unter der Perceptionsdauer werden wir daher ebensowohl die physiologische Zeit, welche die den centralen Sinnescentren zugeführte Reizung braucht, um hier Erregung hervorzubringen, als die mit ihr zusammenfallende psychologische Zeit der Erhebung des Eindrucks in das Blickfeld des Bewusstseins verstehen müssen. Dass nicht minder die Apperception als ein psychophysischer Vorgang angesehen werden muss, ergibt sich aus den Erörterungen des vorigen Capitels. Aehnlich verhält es sich endlich mit demjenigen Vorgang, welchen wir als Willenserregung bezeichnen. Er ist mit dem Vorgang der Apperception nahe verwandt; denn die Willenserregung ist an die Apperception der auszuführenden Bewegung unmittelbar gebunden. Eine Apperception eigener Bewegungen kann aber in einer doppelten Form vorkommen: 1) als reproductive Apperception, bei der das aus früheren Willensacten bekannte Erinnerungsbild einer Bewegung reproducirt wird, und 2) als impulsive Apperception, die sich unmittelbar mit der Auslösung einer entsprechenden motorischen Erregung verbindet. Wenn bei einer Willenshandlung die Art der Bewegung nicht vorher fest bestimmt ist, so folgen beide Formen als successive Theilacte der Handlung auf einander: die reproductive geht der impulsiven Apperception der Bewegung voran, sie nimmt aber, wo es sich nicht etwa um einen Wahlvorgang handelt, nur eine sehr kurze Zeit in Anspruch. Ist dagegen, wie bei dem Reactionsvorgang, die Bewegung, die auf einen äußeren Eindruck folgen soll, genau vorausbestimmt und eingeübt, so wird die reproductive Apperception überhaupt hinwegfallen und daher der ganze Willensact in der unmittelbar auf die Apperception des Eindrucks folgenden impulsiven Apperception bestehen[1]). Hiernach wäre es offenbar eine höchst unwahrscheinliche Annahme, wenn man die Willenserregung für einen besonderen psychologischen Act ansehen wollte, der abgelaufen sein müsse, sobald die motorische Erregung im

[1]) Vergl. hierzu die Lehre vom Willen, Abschn. V, Cap. XX.

Centralorgane beginne. Vielmehr ist der Vorgang, der sich unserer Selbstbeobachtung als Anwachsen des Willensimpulses zu erkennen gibt, gleichzeitig eine centrale motorische Reizung. Auch die Willenszeit ist daher ein psycho-physischer Zeitraum.

Natürlich würde es zunächst von Interesse sein, die drei genannten psycho-physischen Zeiträume, Perceptions-, Apperceptions- und Willenszeit, von den rein physiologischen Vorgängen der peripherischen und centralen Nervenleitung zu isoliren, um sie sodann soweit als möglich auch noch von einander zu trennen. Es lassen sich zwei Wege denken, auf denen dies versucht werden könnte: man könnte 1) einzelne der angegebenen Zeiträume für sich bestimmen und sie dann von der ganzen Reactionsdauer in Abzug bringen, oder 2) verändernde Bedingungen einführen, welche nur auf gewisse Theile des ganzen Vorganges, z. B. bloß auf die Apperception, von Einfluss sind, um daraus auf die zeitlichen Verhältnisse dieses Theilphänomens zu schließen. Beide Wege führen aber nicht zum Ziele. Der erste könnte nur eingeschlagen werden, um die rein physiologischen Zeiträume der peripherischen und centralen Nervenleitung zu eliminiren. Doch begegnet man schon hier der Schwierigkeit, dass wir zwar die Geschwindigkeit der motorischen Leitung und der Reflexübertragung genau zu bestimmen vermögen, dass dagegen bei den Versuchen die Fortpflanzung der Erregungen in den sensibeln Leitungsbahnen zu ermitteln immer wieder psycho-physische Zeiträume in Betracht kommen, deren Elimination nicht mit Sicherheit gelingt. Zudem ist es gerade die Sonderung der drei psycho-physischen Vorgänge von einander, die das weitaus überwiegende Interesse beansprucht. Wichtiger sind darum die auf dem zweiten Wege, durch Variation der psycho-physischen Theile des Reactionsvorganges, erhaltenen Resultate; doch handelt es sich bei denselben in der Regel nicht mehr um einfache Apperceptionen, sondern um zusammengesetztere Vorgänge. So besteht denn überhaupt der psychologische Werth der Bestimmung der einfachen Reactionszeiten darin, dass sie sich bei der Untersuchung solcher Reactionen, die unter verwickelteren Bedingungen stattfinden, zur Elimination der rein physiologischen Vorgänge verwenden lassen.

Aber auch zur Lösung dieser Aufgabe kann die Reactionszeit nur unter einer Bedingung dienen, deren Erfüllung große Schwierigkeiten darbietet: unter der Bedingung nämlich, dass die physiologischen und die elementaren psychologischen Processe, welche die einfache Reactionszeit zusammensetzen, auch wieder in unveränderter Größe in jene complicirteren Reactionszeiten eingehen, bei denen man irgend welche weiteren psychischen Acte den im einfachen Vorgang schon enthaltenen hinzufügt. Diese Bedingung ist nun vor allem deshalb schwer zu erfüllen, weil die einfache

Reaction in Wirklichkeit weder ein einfacher noch ein unveränderlicher noch endlich ein in allen Fällen vollkommen gleichartiger Process ist. Um so mehr muss aber das sorgfältige Studium der wechselnden Bedingungen der einfachen Reactionszeit der Untersuchung des Zeitverlaufs der sich an sie anschließenden psychischen Processe als unerlässliche Vorbereitung vorangehen.

Nennen wir die Dauer jenes Vorgangs, welcher neben den physiologischen Hülfsprocessen die drei psycho-physischen Acte der Perception, Apperception und Willenserregung in sich schließt, eine vollständige Reactionszeit, so scheidet sich von demselben entweder zeitweilig oder unter gewissen Bedingungen der Beobachtung regelmäßig eine verkürzte Reactionszeit, bei welcher der Process der Apperception wahrscheinlich ganz eliminirt ist, außerdem aber muthmaßlich die Acte der Perception und des Bewegungsimpulses zeitlich zusammenfallen, weil der letztere nicht mehr vom Willen ausgeht, sondern, sobald der Eindruck erfolgt, reflexartig ausgelöst wird. Dieser Unterschied der vollständigen und der verkürzten Reactionsform ist zuerst in Versuchen von L. Lange und N. Lange über Schall- und Tastreactionen constatirt, und dann von L. Lange und Götz Martius auch bei Gesichtsempfindungen nachgewiesen worden. Ist man erst auf den Unterschied beider Reactionsweisen aufmerksam, so kann man willkürlich zwischen der einen und der andern wählen. Um möglichst vollständige Reactionszeiten zu erhalten, muss die Aufmerksamkeit intensiv auf den erwarteten Sinneseindruck gerichtet werden, wobei sich die Spannung der Aufmerksamkeit immer zugleich durch Muskelempfindungen des betreffenden Sinnesgebiets, z. B. in den Accommodations- und Augenmuskeln, dem tensor tympani, verräth; dagegen darf sich die Aufmerksamkeit nicht auf das reagirende Bewegungsorgan richten, und das zuverlässige Kriterium für die Erfüllung dieser Bedingung liegt darin, dass die Muskelspannungen dieses Organs unmerklich sind. Will man dagegen einen extrem verkürzten Reactionsvorgang erhalten, so ist es nöthig die Aufmerksamkeit ausschließlich auf das reagirende Organ zu verrichten, was immer mit einer intensiveren Muskelspannung desselben verbunden ist. Wegen dieser Unterschiede in der Beobachtungsweise wollen wir die vollständige Reaction als die sensorielle, die verkürzte als die muskuläre bezeichnen. Abgesehen von den angegebenen subjectiven Merkmalen beider und der längeren Dauer der sensoriellen Reaction gibt es hauptsächlich zwei objective Merkmale, durch welche sich dieselben von einander unterscheiden: erstens kommen bei der muskulären gelegentlich Fehlreactionen, d. h. Reactionen auf einen andern als den erwarteten Sinneseindruck, vor, bei der sensoriellen niemals; zweitens stellen sich in Versuchen, in denen dem Eindruck ein

Signal in constanter Zeit vorausgeht, bei der muskulären Reaction und bei ungeübteren Beobachtern leicht **vorzeitige** Reactionen ein, d. h. solche die vor dem wirklich stattfindenden Eindruck schon eintreten. Diese Verhältnisse machen es zweifellos, dass den muskulären Reactionen **extremer** Art kein Apperceptions- und kein Willensact vorausgeht, sondern dass dieselben durch **Einübung entstandene Gehirnreflexe** sind, bei denen die Perception ein den Eintritt des Reflexes begleitender, die Apperception sogar ein demselben erst nachfolgender psychischer Vorgang ist, so dass die gemessene Zeit mit diesen Vorgängen als solchen nichts zu thun hat, sondern ausschließlich eine physiologische Bedeutung besitzt. Natürlich sind aber Uebergangsformen zwischen beiden Reactionsweisen nicht ganz ausgeschlossen, da sich die Aufmerksamkeit bis zu einem gewissen Grade zwischen Sinnes- und Bewegungsorgan theilen kann. Es ist zu vermuthen, dass solche Zwischenformen namentlich da sich geltend machen, wo man auf die Unterschiede dieser Reactionsweisen überhaupt noch nicht aufmerksam geworden ist. Bei der Unmöglichkeit, vollkommen gleichzeitig die Aufmerksamkeit nach beiden Richtungen zu spannen, wird aber dabei doch nicht selten ein Schwanken zwischen ihnen stattfinden, was sich in einer großen Veränderlichkeit der Resultate verräth, oder es wird die Reaction zwar im allgemeinen den Charakter der muskulären besitzen, aber doch den bei dieser Reactionsform möglichen Spannungsgrad nicht erreichen, wo dann auch die gefundenen Zeiten von mittlerer Größe sind.

Die folgende kleine Tabelle gibt eine Uebersicht der nach beiden Methoden erhaltenen Werthe nach den Versuchen von L. Lange[1]). Die Zeiten sind in Tausendtheilen einer Sec. angeführt. M bedeutet das arithmetische Mittel, $m\,V$ die mittlere Variation der Einzelbeobachtungen, n die Anzahl der Versuche, D die Differenz der sensoriellen und der muskulären Reactionszeit[2]).

---

1) Phil. Stud. IV, S. 479 ff.

2) Ist M das Mittel aus den Beobachtungen $a, b, c, d \ldots$, deren Zahl n ist, so ist die mittlere Variation

$$mV = \frac{(M-a) + (M-b) + (M-c) \ldots}{n},$$

wobei die einzelnen Differenzen sämmtlich positiv genommen werden. Die Berechnung des mittleren und des wahrscheinlichen Fehlers der Beobachtungen kann in diesem Fall im allgemeinen unterbleiben, da die zu beobachtenden Schwankungen vor allem auf Abweichungen in den psychologischen Bedingungen der Beobachtung, in viel geringerem Maße aber auf eigentlichen Beobachtungsfehlern beruhen. Für die Schwankungen der ersteren Art ist aber die mV der geeignete Ausdruck. Ebenso genügt in allen den Fällen, wo die einzelnen Beobachtungswerthe einander hinreichend nahe liegen, und annähernd symmetrisch um einen mittleren Werth angeordnet sind, das arithmetische

	Sensorielle Reaction			Muskuläre Reaction				Reagent
	M	*mV*	*n*	*M*	*mV*	*n*	*D*	
Schall	216	21	26	127	8	24	89	N. Lange
-	235	24	24	121	9	28	114	Belkin
-	230	33	19	124	9	27	106	L. Lange
El. Hautreiz	213	25	19	105	6	25	108	N. Lange
Lichtreiz	290	28	20	172	8	24	118	L. Lange
-	291	39	20	182	13	25	109	G. Martius

Diese Zahlen lehren, dass die Zeitdifferenzen der beiden Reactionsformen bei absichtlicher Herbeiführung derselben durchschnittlich etwa $0{,}1^s = 100^\sigma$ erreichen. Die mittlere Variation beträgt bei der sensoriellen Reaction etwa 20^σ, bei der muskulären nur 10^σ[1]). Zugleich ist sie beidemal in ihrer Größe so constant, dass sie, falls die Uebung der Beobachter und die Zahl der Beobachtungen hinreichend ist, ein sicheres Hülfsmittel für die Erkennung der Reactionsform abgibt[2]). Die

Mittel, um unter gegebenen Bedingungen die mittlere Größe der Reactionszeit zu berechnen. Erheblichere Abweichungen müssen, wenn sie bei den einfachen Reactionsvorgängen stattfinden, immer als Andeutungen äußerer Störungen oder mangelhafter Uebung, insbesondere aber als ein Zeichen dafür betrachtet werden, dass es dem Beobachter nicht gelungen ist, sensorielle und muskuläre Reactionen zureichend auseinanderzuhalten. Dagegen können bei den unten zu betrachtenden zusammengesetzten Reactionsvorgängen viel größere Schwankungen vorkommen, wobei sich zugleich die Einzelwerthe in sehr wechselnder Dichtigkeit um einen bestimmten Mittelwerth gruppiren. Man kann nun auf folgendem Wege zu einem Mittelwerth gelangen, der das arithmetische Mittel, das in diesem Fall nicht mehr zulässig ist, annähernd ersetzt. Man denkt sich das ganze Gebiet von Zeitgrößen t_0 bis t_n, welche in einem bestimmten Fall in einer großen Zahl einzelner Versuche beobachtet worden sind, in eine Anzahl gleich großer nach den Bedingungen des Versuchs zweckmäßig zu wählender Zeitstrecken t_0 bis t_1, t_1 bis t_2, t_2 bis t_3 .... getheilt, bestimmt bei jeder derselben einerseits das arithmetische Mittel m_1, m_2 ... der beobachteten Zeiten und anderseits die Anzahl der Beobachtungen, die wir für die einzelnen so gesonderten Gruppen mit p_1, p_2, p_3 ... bezeichnen wollen. Es hat dann derjenige specielle Mittelwerth hM, für welchen die zugehörige Zahl der Beobachtungen ein Maximum ist, eine bevorzugte Bedeutung. Der Umfang der Schwankungen kann nun durch den Abstand des größten und des kleinsten Mittels von diesem Mittelwerth der häufigsten Fälle gemessen werden. Eventuell könnte übrigens der Verlauf der Curve, welche die Frequenzzahlen der Beobachtungen bezogen auf die Zeitwerthe bilden, noch zur Hervorhebung weiterer Mittel für (im Vergleich zu den umgebenden Zeitwerthen) relative Maxima der Häufigkeit Veranlassung geben. Aus einer solchen Vertheilung, wie sie z. B. bei den unter Nr. 3 zu erörternden Erkennungs- und Associationszeiten leicht vorkommen könnte, würde dann auf wesentlich verschiedene Bedingungen in den verschiedenen Fällen zurückzuschließen sein.

1) Im Folgenden soll stets die ganze Secunde durch das Zeichen ^{s} (über der Zeile), der tausendste Theil einer Sec. aber nach dem Vorschlage von Cattell durch das Zeichen $^\sigma$ angegeben werden. 10^σ ist also gleich $0{,}010^s$.

2) Einige Beobachter führen erheblich kleinere Werthe als die oben angegebenen für *mV* an. Man kann, wie ich glaube, mit Sicherheit annehmen, dass in solchen Fällen entweder die Anzahl der Beobachtungen zu gering war und die wenigen gewon-

individuellen Unterschiede sind so gering, dass sie bei einer sehr großen Zahl von Versuchen möglicherweise ganz verschwinden würden. Dagegen zeigt sich in Bezug auf die verschiedenen Sinnesgebiete namentlich zwischen dem Gesichtssinn und den übrigen Sinnen ein bemerkenswerther Unterschied, insofern die Lichtreactionen bei beiden Reactionsweisen etwa um 60—80$^\sigma$ länger sind. Dieser Unterschied wird noch vergrößert, wenn die Lichtreize nicht, wie es in den mitgetheilten Versuchen geschah, bei erhelltem, sondern bei verdunkeltem Gesichtsfeld einwirken. Hiernach ist es wahrscheinlich, dass derselbe nur von den physiologischen Bedingungen der Sinnesreizung herrührt. In der That braucht die Netzhauterregung, wie physiologische Erfahrungen lehren, eine merkliche Zeit, um auf diejenige Größe anzuwachsen, bei welcher Empfindung stattfindet[1]).

Vergleicht man mit den mitgetheilten Ergebnissen die von früheren Beobachtern erhaltenen, bei denen die Verschiedenheit der Reactionsweisen nicht beachtet wurde, so stimmen dieselben in Bezug auf das zuletzt erwähnte Resultat, die langsamere Reaction auf Lichteindrücke, sämmtlich überein. Dagegen erscheinen die individuellen Unterschiede viel größer, wie dies die folgende Tafel an einigen Beispielen zeigt.

	Hirsch[2])	Donders[3])	Hankel[4])	Wundt[5])	Exner[6])	v. Kries[3])	Auerbach[3])	Cattell[7])
Schall	149	180	150	167	136	120	122	125
Licht	200	188	224	222	150	193	191	150
Elektr. Hautreizung	182	154	154	201	133	117	146	—

Die Bedeutung dieser Zahlen kann nicht zweifelhaft sein. Die größeren Unterschiede haben augenscheinlich darin ihren Grund, dass einzelne Beobachter mehr der vollständigen, andere mehr der verkürzten Reactions-

---

nenen Zahlen zufällig einander nahe liegen, oder dass willkürlich einzelne, scheinbar allzu weit abweichende Zahlen gestrichen wurden. Letzteres Verfahren ist entschieden zu missbilligen. Bei gewissenhafter Anwendung lässt es den Werth des Mittels ziemlich unverändert, da sich extreme Werthe wegen ihres Vorkommens in entgegengesetzten Richtungen bei einer hinreichenden Zahl von Beobachtungen ausgleichen werden; dagegen verliert dabei die Größe mV ganz ihre sehr werthvolle diagnostische Bedeutung für die Erkennung der Reactionsform.

1) Hierauf könnte man auch die Beobachtung von Exner beziehen, dass bei directer Reizung des Sehnerven durch den elektrischen Strom die Reactionsdauer kürzer ist als bei der Lichtreizung der Netzhaut. Sie betrug bei ihm 0,114'' im ersteren gegen 0,150'' im zweiten Fall. (Pflüger's Archiv, VII, S. 631.) Doch ist es bei derartigen Versuchen sehr schwierig, nicht auf die gleichzeitige elektrische Hautreizung zu reagiren, namentlich wenn man sich, wie wahrscheinlich Exner, der muskulären Reactionsform bedient.

2) Moleschott's Untersuchungen, IX, S. 199.

3) von Kries und Auerbach, Archiv f. Physiologie, 1877, S. 359.

4) Poggendorff's Annalen, CXXXII, S. 134 f.

5) Dieses Werk, 1. Aufl. S. 781.

6) Pflüger's Archiv, VII, S. 645, 648, 649.

7) Phil. Stud., III, S. 319 ff.

weise zuneigten. Die Zahlen von Exner und Cattell sowie die von von Kries und Auerbach stimmen fast vollständig mit denen überein, die wir oben als muskuläre Reactionszeiten kennen lernten. Ich selbst weiß, dass meine eigenen früheren Reactionen, abgesehen von gewissen noch zu erwähnenden Versuchsbedingungen, sensorieller Art waren. Das nämliche dürfte bei den Zeiten von Hirsch und Hankel anzunehmen sein, während die Zahlen von Donders zwischen beiden in der Mitte stehen[1]).

Man könnte nun versucht sein, die Unterschiede der hier erörterten beiden Reactionsformen selbst zu benutzen, um auf die Dauer gewisser Bestandtheile des gesammten Reactionsvorgangs Rückschlüsse zu machen. Ein solcher Versuch ist aber deshalb ausgeschlossen, weil bei der verkürzten Reaction nicht bloß gewisse psychische Elemente hinwegfallen, die bei der vollständigen vorhanden sind, sondern weil auch die physiologischen Bedingungen wesentlich abweichen. Es bleibt daher nur übrig, in der oben angedeuteten Weise zunächst beide Reactionsformen möglichst von einander getrennt zu halten, sie in dieser Sonderung in den Veränderungen, die sie unter verschiedenen äußeren und inneren Bedingungen erfahren, zu verfolgen, und sodann zu prüfen, inwiefern jeder dieser Vorgänge sich benutzen lässt, um an ihn weitere physische oder psychische Acte anzureihen. Hierbei bieten nun von vornherein die beiden scharf geschiedenen Reactionsformen, die extrem muskuläre, welche ganz den Charakter eines Gehirnreflexes angenommen hat, und die sensorielle, welche alle oben aufgezählten psycho-physischen Vorgänge enthält, vor allem ein näheres Interesse dar, beide freilich in sehr verschiedenem Sinne. Die verkürzten Reactionen werden nämlich möglicherweise zur Untersuchung des Zeitverlaufs der physiologischen Hülfsvorgänge dienlich sein; der vollständige Reactionsvorgang dagegen wird allein den Ausgangspunkt für die Untersuchung complicirterer psychischer Acte bilden können. Am wenigsten Interesse bieten natürlich die zwischen beiden Formen stehenden gemischten Reactionsweisen dar. Da die dort vorkommenden Bedingungen in sehr verschiedener Weise gemischt sein können, und da überdies in diesem Falle die Bürgschaft für eine zu-

1) Unter den Donders'schen Zahlen ist die Schallreaction entschieden sensoriell, während die Lichtreaction muskulär zu sein scheint. Eine solche verschiedene Reactionsweise für verschiedene Sinne ist durchaus nicht ausgeschlossen. Es kommen hierbei namentlich die Einflüsse der Uebung in Betracht, die, wie wir sehen werden, bei Nichtbeachtung dieser Verhältnisse den unwillkürlichen Uebergang von der sensoriellen zur muskulären Reactionsform begünstigen. Da nun Donders viel mehr Versuche auf Licht als auf Schall ausgeführt hat, so ist es sehr wahrscheinlich, dass bei ihm ein solcher Fall vorliegt, um so mehr da der Unterschied von bloß 8^σ zwischen Schall und Licht zu klein ist. Neben der absoluten Größe der Zeiten kann auch, wie oben bemerkt, die mittlere Variation zur Charakterisirung der Reactionsform dienen. So sind meine eigenen Reactionen durch den Werth $mV = 20$, die von Cattell durch $mV = 8$ bis 10, jene als sensorielle, diese als muskuläre zu erkennen.

reichende Constanz der Bedingungen eine geringere ist, so entziehen sich diese mittleren Formen als im allgemeinen undefinirbare Vorgänge einer directen weiteren Verwerthung. Doch können immerhin, sobald derartige Versuche mit der nöthigen Sorgfalt und Gleichmäßigkeit ausgeführt sind, die Resultate einen relativen Werth haben, insofern die Unterschiede, die sie unter verschiedenen Bedingungen zeigen, für die Beurtheilung des Einflusses jener Bedingungen zu verwerthen sind.

Die oben für die einfache Reactionszeit angegebenen Zahlen lassen vermuthen, dass die psycho-physischen Vorgänge im allgemeinen eine erheblich längere Zeit beanspruchen, als die rein physiologischen, obgleich, wie wir sahen, unter den letzteren diejenigen, bei denen Uebertragungen durch die graue Substanz stattfinden, ebenfalls verhältnissmäßig verzögert sind. Zu einer genaueren Vergleichung fehlen uns jedoch leider noch die zureichenden physiologischen Data, die höchstens für die Rückenmarksreflexe einigermaßen festgestellt sind. So fanden wir früher für die Dauer einer gleichseitigen Reflexübertragung beim Frosche nach Abzug aller peripherischen Leitungs- und Uebertragungsvorgänge 8 bis 15^{σ}, bei der Uebertragung auf die andere Hälfte des Rückenmarks 12 bis 20^{σ} (I, S. 266). Es scheint zwar, dass sich diese Zeiträume mit der verwickelteren Organisation des Rückenmarks vergrößern, beim Menschen für gleichseitige Reflexe auf $30-40^{\sigma}$[1]). Immerhin bleiben sie auch so noch ziemlich erheblich unter der Dauer sowohl der vollständigen wie der verkürzten Reactionszeit. Gleichwohl dürfte es nicht berechtigt sein, hieraus zu schließen, dass schon die muskuläre Reaction psychische Elemente von erheblicher Dauer einschließe[2]). Denn es ist zu erwägen, dass bei allen solchen Berechnungen die Uebertragungszeiten in den höheren Nervencentren, namentlich in den Hirnhügeln und in der Hirnrinde, deshalb weil wir sie nicht kennen, außer Betracht geblieben sind. Von ihnen ist es aber sehr wahrscheinlich, dass sie eine vie-

1) Exner schätzt nach Versuchen über die Reflexzeit des Blinzelns die Dauer der einfachen Reflexübertragung beim Menschen je nach der Reizstärke zu $47,1-55,5^{\sigma}$ (Pflüger's Archiv, VIII, S. 531.). Aus dem Reactionsvorgang suchte Exner die rein physiologischen Zeiträume zu eliminiren, indem er für die peripherische und centrale Nervenleitung gewisse Mittelwerthe annahm, nämlich für die peripherische Nervenleitung 62, für die sensible Rückenmarksleitung 8, die motorische 11—12 Meter in der Secunde. Unter diesen Voraussetzungen berechnet er die Gesammtheit der psycho-physischen Zeiträume, welche er als reducirte Reactionszeit bezeichnet, für die Reaction von Hand zu Hand auf 0,0828 Secunden. (Pflüger's Archiv, VII, S. 625.) Die von Exner angenommenen Data sind aber sehr unsicher: die Geschwindigkeit der Nervenleitung beträgt nach den von Baxt ausgeführten Versuchen an motorischen Nerven des Menschen nicht 62 sondern 30—40 Meter; die Rückenmarksleitung berechnet Exner aus den Reactionsversuchen, welche wegen der großen Schwankungen der psycho-physischen Zeiträume zu Bestimmungen der Leitungsgeschwindigkeit kaum brauchbar sind. In Bezug auf die Leitung der Schall- und Lichterregungen ist natürlich noch weniger an eine auch nur approximative Trennung der rein physiologischen von der psycho-physischen Zeit zu denken. Das Einzige, was uns in Bezug auf die letztere auszusagen gestattet ist, bleibt also wohl, dass sie bei sensoriellen Reactionen den größten Theil der Reactionsdauer ausmacht, und dass in diesem Falle auch die größeren Schwankungen auf ihre Rechnung zu setzen sind. Für die verkürzte Reactionsform trifft dies aber auch aus den oben dargelegten Gründen nicht zu.

2) Götz Martius, Phil. Stud. VI, S. 191.

größere Dauer als die Rückenmarksreflexe beanspruchen. Auf keinen Fall können daher diese unsicheren Daten gegen die oben aus den Beobachtungserfolgen, namentlich den Fehlreactionen, gezogene Folgerung, dass die eingeübte, extrem muskuläre Reaction wesentlich ein Gehirnreflex sei, ins Feld geführt werden. Charakteristisch ist in dieser Beziehung auch die subjective Wahrnehmung, dass man bei der vollständigen Reaction die Apperception des Eindrucks und den Bewegungsimpuls deutlich als successive Acte auffasst, während man dieselben bei der verkürzten Reaction für gleichzeitig hält, was sie wahrscheinlich in vielen Fällen auch annähernd sind. Demnach kann nur von dem vollständigen Reactionsvorgang mit einiger Wahrscheinlichkeit behauptet werden, dass er zu seinem größeren Theil auf Rechnung der psycho-physischen Acte komme. Da aber die durchschnittliche Zeitdifferenz von $0{,}1^s$ zwischen vollständiger und verkürzter Reaction ihrerseits selbst wieder eine physiologische Differenz, nämlich das bei der ersteren Form länger dauernde Anwachsen der Muskelenergie, in sich schließt, so kann man nur sagen, dass eine Zeit von $0{,}1^s$ die obere Grenze für die genannten psycho-physischen Acte darstellt.

Wie es übrigens Uebergänge zwischen sensorieller und muskulärer Reaction gibt, so scheint es auch, dass diese beiden Reactionsformen, namentlich die zweite nicht von allen Beobachtern in gleicher Weise ausgeführt worden sind. Hierauf sind, wie ich glaube, großentheils die widersprechenden Auffassungen zurückzuführen, die verschiedene Beobachter über diesen Gegenstand geltend gemacht haben. Dass es nur bei dem einfachen Reactionsvorgang, nicht bei den unten zu besprechenden Erkennungs-, Wahl-, Associationsreactionen, wie MÜNSTERBERG[1]) behauptet, eine muskuläre Reaction geben kann, ist von GÖTZ MARTIUS[2]) einleuchtend gezeigt worden. Dagegen hat MARTIUS selbst durchgängig viel kleinere Unterschiede zwischen beiden Reactionsformen gefunden, als LANGE und seine Mitbeobachter, sowie TITCHENER und alle andern Beobachter des Leipziger Laboratoriums. Auch fehlte der charakteristische Unterschied der mV in beiden Fällen. Diese Differenzen dürften ihre Erklärung darin finden, dass MARTIUS es für erforderlich hielt, auch bei der muskulären Reaction die Aufmerksamkeit auf den Sinnesreiz zu spannen, während LANGE die ausschließliche Richtung derselben auf das reagirende Bewegungsorgan forderte. Dadurch mussten aber in M.'s Versuchen die Reactionen von vornherein einen gemischten Charakter annehmen, und ohne Zweifel wird daher auch M. für seine Versuche Recht haben, wenn er sie nicht als Gehirnreflexe gelten lässt[3]). Eine andere Frage aber ist es, ob die extrem sensorielle und muskuläre Reactionsweise LANGE's künstliche Einschränkungen der natürlichen Reactionsform und nicht vielmehr nothwendige Endstufen derselben sind. Die auf das intensivste gespannte Aufmerksamkeit kann sich unmöglich gleichzeitig auf den Sinneseindruck und auf das Bewegungsorgan richten[4]); eine reine Reactionsform ist aber natur-

1) MÜNSTERBERG, Beiträge z. exp. Psych. I, S. 72.

2) Phil. Stud. VI, S. 169 ff.

3) Für diese Deutung als gemischte Formen spricht auch der Umstand, dass MARTIUS nicht nur bei einem in regelmäßigem Intervall vorangehenden, sondern auch bei unregelmäßigem und selbst bei völlig fehlendem Signalreiz Versuche mit muskulärer Reactionsweise ausführen konnte (S. 200, 210). Alle Beobachter, die in der oben als rein muskulär bezeichneten Weise beobachteten, sind wohl darüber einig, dass man ohne regelmäßig vorausgehendes Signal überhaupt nicht muskulär reagiren kann.

4) G. E. MÜLLER (mitgetheilt bei PILZECKER, Die Lehre von der sinnlichen Aufmerk-

gemäß erst bei einseitig gespannter Aufmerksamkeit erreicht. Weiterhin liegt nun in der bei der muskulären Reaction vorhandenen Ablenkung der Aufmerksamkeit von dem Sinneseindruck das Motiv zur Umwandlung in einen reflexartigen Vorgang, welche Umwandlung bei der sensoriellen Reaction und bei allen auf ihr sich aufbauenden complexen Reactionsformen dadurch unmöglich wird, dass die Apperception des Reizes fortan die Bedingung zur Auslösung der motorischen Innervation bleibt. Bei der muskulären Reaction wird dagegen die motorische Innervation schon vorher so vorbereitet, dass der sensible Reiz sie auslösen kann, ohne zuvor selbst appercipirt zu werden, oder gar einen besonderen Willensentschluss zu erfordern. Wenn Martius in der eigenthümlichen planmäßigen Zuordnung der Bewegung zu einem bestimmenden Reize eine Schwierigkeit für diese Annahme findet, so ist zu entgegnen, dass jede automatische Coordination bestimmter Bewegungen zu Sinneseindrücken, wie sie doch zweifellos bei zahlreichen eingeübten verwickelten Bewegungen, z. B. denen des Diktatschreibens, des Clavierspielens u. s. w. stattfindet, einen ähnlichen Uebergang ursprünglich gewollter in reflexartige Bewegungen beweist. Eine derartige gegenüber den einförmigen Rückenmarksreflexen ungemein wechselnde Anpassungsfähigkeit und Variirbarkeit müssen wir eben nothwendig nach allen Erscheinungen der Uebung für die Gehirnreflexe voraussetzen. Da die extrem muskuläre Reaction erst in Folge der Uebung entsteht, so gilt natürlich auch für sie, dass sie nicht von Anfang an ein Reflex *ist*, sondern höchstens allmählich zu einem solchen *wird*, oder, was wohl meistens geschieht, einem solchen nur in hohem Grade sich annähert. Derartige allmähliche Uebergänge in den Reflex, bei denen im einzelnen Fall die Grenzbestimmung zwischen Willenshandlung und Reflex schwer werden kann, sind gerade bei den Gehirnreflexen möglich, da hier die begleitende Empfindung erhalten bleibt, und nur aus den sonstigen Bedingungen des Vorgangs geschlossen werden kann, ob die Empfindung zur Auslösung einer motorischen Innervation erforderlich war, oder nicht. Cattell[1]), der im Gegensatz zu Martius jede Art Reaction für einen eingeübten Gehirnreflex hält, konnte weder bei sich, noch bei einigen andern Personen einen von der Richtung der Aufmerksamkeit abhängigen Unterschied finden. Die von ihm verzeichneten Zeiten, sowie die zugehörigen Werthe m. V. sind aber durchgängig sehr klein, so dass man wohl annehmen darf, es sei hier in allen Fällen »muskulär« reagirt worden. Diese Möglichkeit, trotz kleiner Aenderungen der Aufmerksamkeit doch immer in derselben Weise zu reagiren.

---

samkeit. Göttinger Diss. 1889, S. 68 ff.) gründet den Versuch einer Erklärung der beiden Reactionsformen auf die Annahme, dass bei beiden verschiedene »Vorstellungsbilder« im Bewusstsein seien, denen sich die Aufmerksamkeit zuwende. Bei der sensoriellen sei dies das Reizbild, bei der muskulären das Bild der auszuführenden Bewegung. Ich glaube nicht, dass irgend Jemand, der wirklich Reactionsversuche ausgeführt hat, die Existenz dieser beiden Bilder wird bestätigen können. Was ich zunächst und dauernd im Bewusstsein finde, ist bei der Vorbereitung zur sensoriellen Reaction die Spannung in den Accommodationsmuskeln des betreffenden Sinnesgebietes, die in der Regel auf angrenzende Muskelgebiete irradiirt, bei der Vorbereitung zur muskulären Reaction eine Spannungsempfindung in den Reactionsmuskeln. Dazu *kann* hinzutreten als ab und zu kommendes und wieder verschwindendes blasses Bild: im ersten Fall eine unbestimmte, dem erwarteten Reiz entfernt ähnliche Empfindung, im zweiten Fall das blasse Bild des zur Reaction zu verwendenden Bewegungsorgans. Von einem Bild der *Bewegung* habe ich aber niemals etwas wahrgenommen.

1) Cattell, Phil. Stud. VIII, S. 403.

wird erfahrungmäßig um so größer, je automatischer die Bewegungen geworden sind, und die Neigung dazu wird durch das die meisten Reactionsversuche leider beherrschende Streben, nur so schnell wie möglich, gleichgültig wie, zu reagiren, erheblich gefördert.

LUDWIG LANGE[1]) hat die Vermuthung ausgesprochen, nur bei der sensoriellen Reaction finde eine Uebertragung der sensorischen in die motorische Erregung innerhalb der Großhirnrinde statt; bei der muskulären dagegen erfolge sie schon in einem untergeordneten Centrum, wahrscheinlich im Cerebellum, möglicher Weise auch in den Mittelhirnganglien. Ich glaube nicht, dass die hierfür beigebrachten Argumente beweisend sind, oder auch nur die aufgestellte Hypothese wahrscheinlich machen. Gewiss hat LANGE Recht, wenn er es für äußerst wahrscheinlich hält, dass bei der muskulären Reaction die Uebertragung schon in einem niedereren Centrum erfolge, oder dass doch jedenfalls bei ihr Einflüsse hinwegfallen, die bei der sensoriellen von einem höheren, mit den Willensleistungen in näherem Zusammenhang stehenden ausgehen. Aber Centren verschiedener Ordnung gibt es auch zweifellos in der Großhirnrinde. Wenn die muskuläre Reaction annähernd gleichzeitig mit dem Auftreten der Empfindung erfolgt, so steht nichts im Wege anzunehmen, dass da, wo die bewusste Empfindung ausgelöst wird, im primären Sinnescentrum der Großhirnrinde, auch die Uebertragung erfolgt. Die bei der sensoriellen Reaction vorhandene Verzögerung, welche Fehlreactionen verhütet, scheint mir aber am ehesten auch hier der Annahme einer vom Apperceptionscentrum ausgehenden Hemmungswirkung zu entsprechen, welche so lange andauert, bis der in diesem Centrum anlangende Signalreiz eine partielle Lösung derselben bewirkt. Hiermit scheint mir auch das Vorkommen der Uebergangsformen zwischen beiden Reactionsweisen am besten vereinbar zu sein. Denn es ist leicht verständlich, dass eine solche Hemmung mehr oder weniger wirksam sein kann; es ist aber schwer begreiflich, dass zwischen einem bloß in einem subcorticalen Centrum ausgelösten Reflex und einer Function der Großhirnrinde solche Uebergänge vorkommen sollen.

Der Satz, dass der größte Theil der Reactionszeit von den psycho-physischen Zeiträumen in Anspruch genommen wird, gilt übrigens selbstverständlich auch für die vollständige Reaction dann nicht mehr, wenn durch die speciellen Bedingungen der Sinnesorgane die Einwirkung der Reize auf die Sinnesnerven mehr oder weniger erheblich verzögert wird. Dies ist ohne Zweifel bei den Geschmacks-, Geruchs- und Temperatureindrücken der Fall, welche einer gewissen Zeit bedürfen, um bis zu den peripherischen Endorganen durchzudringen. So fanden VON VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED die Reactionszeit für Geschmacksreize in der Regel größer, zugleich aber individuell viel schwankender als diejenige für Licht-, Schall- und Tastreize. Bei zwei Versuchspersonen ergaben sich z. B. bei Prüfung der Zungenspitze folgende Zahlen.

	I	II
Chlornatrium	159,8	597
Zucker	163,9	752
Phosphorsäure	167,6	—
Chinin	235,1	993

[1]) L. LANGE, Phil. Stud. IV, S. 502 ff.

Trotz der großen individuellen Unterschiede blieb also die Reihe, in der sich die Substanzen nach der Reactionszeit folgen, die nämliche[1]. Diese Reihe verschob sich aber, wenn statt der Zungenspitze der Zungengrund geprüft wurde: es wurde dann auf die verschiedenen Stoffe annähernd in der gleichen Zeit, auf das Chinin aber sogar noch etwas schneller als auf den Zucker reagirt[2].

Ueber die Reactionszeit auf Geruchsreize liegen Versuche von Beaunis[3], Buccola[4] und Moldenhauer[5] vor. Der Letztere fand bei zwei Versuchspersonen folgende Werthe:

	I	II
Rosenöl	199	330
Pfeffermünzöl	203	362
Bergamotöl	212	374
Campher	226	492

Größere Zeiten erhielt Beaunis (zumeist 400—800 $^{\sigma}$), während die von Buccola zwischen beiden in der Mitte stehen (230—680). Zum Theil mögen die in diesem Fall kaum vermeidlichen Fehlerquellen der technischen Ausführung diese Differenzen verschulden. Bei Temperaturreizen fanden Goldscheider sowie von Vintschgau und Steinach stets längere Zeiten als bei Druckreizen und zugleich wieder für Wärme größere Werthe als für Kälte. Dabei ist außerdem die Reactionszeit von der Hautstelle abhängig, indem z. B. die größere Temperaturempfindlichkeit der Gesichtshaut auch in der kürzeren Reactionszeit sich ausspricht. Dies erhellt aus folgender Zusammenstellung.

Körperregion	Goldscheider		v. Vintschgau		Steinach	
	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Gesicht	190	135	160—170	152—161	124—142	113—120
Obere Extremität	270	150	—	—	—	—
Carpalgegend	—	—	205	186	173	152

Der Wärmereiz bestand in diesen Versuchen in der Berührung eines bis gegen 50° C. erwärmten, der Kältereiz in der eines auf 2—6° abgekühlten kleinen Wasserbehälters, dessen Temperatur gleichzeitig thermometrisch bestimmt wurde. Die gleichzeitig ausgeführten Reactionen auf Druckreize ergaben bei Vintschgau 119—126 $^{\sigma}$, bei Steinach 107—128 $^{\sigma}$, woraus wohl auf eine vorwiegend muskuläre Reactionsweise dieser Beobachter zu schließen ist. Größere Zeitwerthe erhielten dieselben, wenn der Temperaturunterschied des Eindrucks

1) v. Vintschgau und Hönigschmied, Pflüger's Archiv, X, S. 29, 38.
2) Pflüger's Archiv, XIV, S. 540.
3) Beaunis, Recherches expér. sur les conditions de l'activité cérébrale etc. Paris 1884, p. 49.
4) Buccola, Sulla durata delle percezioni olfattive. Archiv. ital. per le malattie nervose. 1882.
5) Moldenhauer, Phil. Stud., I, S. 606.

und der Hautstelle nur ein geringer war[1]. Ebenso scheint bei einer starken Verkleinerung der Berührungsfläche des Temperaturreizes die Reactionsdauer erheblich zuzunehmen. So fand A. Lehmann bei bloß punktuellen Reizen eine Wärmereaction bis zu 900$^{\sigma}$[2]. Der Zeitunterschied der Druck- und Temperaturreactionen entspricht der bekannten Erscheinung, dass man bei der Berührung zuerst den Druck und dann nach einem deutlichen Intervall die Temperatur des berührenden Körpers zu empfinden pflegt. Bei sehr hohen oder niedrigen Temperaturreizen folgt endlich der Temperaturempfindung nach einem mehr oder minder großen Intervall die Schmerzempfindung. Lässt man Schmerzreactionen ausführen, so sind daher die gewonnenen Zeiten sehr groß, zugleich aber außerordentlich schwankend[3].

Da die bei den zuletzt erwähnten Sinnesreizen beobachteten längeren Reactionszeiten offenbar auf rein physiologischen Bedingungen beruhen, deren Einfluss sich jeder Schätzung entzieht, so sind zu Schlüssen über die psychophysischen Bestandtheile des Reactionsvorganges nur die Reactionen auf Schall-, Licht- und Hautreize verwendbar. Bei ihnen sind aber jene psychophysischen Bestandtheile bei zureichender Uebung und unter Einhaltung gleicher Bedingungen nicht nur bei jedem einzelnen Sinnesgebiet in hohem Grade constant, sondern sie scheinen auch bei den verschiedenen Sinnen nur wenig abzuweichen, da, wie oben bemerkt, auch die längere Zeit für den Gesichtssinn wahrscheinlich auf Rechnung des langsameren Anwachsens der Reizung im Sinnesorgane, also eines rein physiologischen Vorgangs, gesetzt werden muss. Zureichende Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Größe dieses physiologischen Factors besitzen wir allerdings nicht, sondern der Zeitwerth desselben lässt sich höchstens mit Hülfe der Resultate, welche physiologische Versuche über Lichtreizung durch kurz dauernde Erregungen ergeben, in gewisse Grenzen einschließen. In dieser Beziehung liegen einerseits Versuche von Exner[4] und Kunkel[5], anderseits solche von Cattell[6] vor, die sich insofern ergänzen, als aus den ersteren diejenige Zeit zu entnehmen ist, welche der Eindruck braucht, um auf das Maximum seiner Wirkung anzusteigen, aus den letzteren aber diejenige Zeit, welche erfordert wird, damit überhaupt eine Empfindung von bestimmter Qualität entstehe. Jene Zeit bis zur Erreichung des Maximums beträgt nach Exner für weißes Licht je nach der Intensität 287—118$^{\sigma}$, bei farbigen Eindrücken nach Kunkel für Roth 57, Blau 92, Grün 133$^{\sigma}$. Die zur ersten Entstehung eines Farbeneindrucks erforderliche Zeit fand dagegen Cattell für Roth = 1,28, Orange = 0,87, Gelb = 0,96, Grün = 1,42, Blau = 1,20 und Violett = 2,32$^{\sigma}$. Da aber bei diesen Versuchen, bei denen durch einen fallenden schwarzen Schirm die Farbe während der erforderlichen kurzen Zeit dem Auge sichtbar gemacht wurde, die Wirkung des Nachbildes nicht ausgeschlossen war, so bleiben die Zahlen jedenfalls erheblich unter der Zeit, die zum Anwachsen der Empfindung bis zur Reizschwelle erforderlich ist. Nach

1) Goldscheider, Archiv f. Physiol. 1887, S. 473. v. Vintschgau und Steinach, Pflüger's Archiv XLI, S. 367, XLIII, S. 152 ff.

2) Alfr. Lehmann, Die Hauptgesetze des Gefühlslebens S. 40 ff.

3) Dessoir, Archiv f. Physiol. 1892, S. 306 ff. Tanzi, Rivista di Philosophia scientica 1886.

4) Sitzungsber. der Wiener Akad. Okt. 1882.

5) Pflüger's Archiv, IX, S. 197.

6) Phil. Stud., III, S. 94 ff.

einer von Exner ausgeführten Berechnung bedarf ein Lichtreiz von mittlerer Intensität, der sein Maximum in 0,166^s erreicht, folgende Zeiten, um successiv auf $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ . . . . seiner vollen Erregungsstärke anzuwachsen:

Zu $^1/_{10}$	in	8^σ	Zu $^6/_{10}$	in	58^σ
- $^2/_{10}$	-	23^σ	- $^7/_{10}$	-	81^σ
- $^3/_{10}$	-	37^σ	- $^8/_{10}$	-	104^σ
- $^4/_{10}$	-	40^σ	- $^9/_{10}$	-	127^σ
- $^5/_{10}$	-	49^σ	- $^{10}/_{10}$	-	166^σ

Nimmt man den durchschnittlichen Unterschied der Schall- und Hautreactionen von den Lichtreactionen zu 50—60$^\sigma$ an, so würde demnach, wenn diese Zahlen zutreffen, ein mäßig starker Lichtreiz etwa auf $^1/_2$ seiner Größe anwachsen müssen, um äquivalent einem andern annähernd instantanen Sinnesreiz zu wirken. Diese Voraussetzung kann wenigstens nicht als eine unwahrscheinliche bezeichnet werden. Uebrigens kommen in der Größe dieser physiologischen Vorbereitungszeiten auch noch je nach den besonderen Bedingungen der Lichtreizung Unterschiede vor. So fanden L. Lange und G. Martius, dass bei dunklem Gesichtsfeld die Reactionszeiten um 20—30$^\sigma$ verlängert wurden, ein Unterschied, der wohl ebenfalls den vorbereitenden physiologischen Vorgängen zuzurechnen ist.

Die physiologischen Zeitmessungen nach der Reactionsmethode sind ursprünglich von gewissen bei astronomischen Zeitbestimmungen gemachten Wahrnehmungen ausgegangen. Bei solchen Bestimmungen ergibt sich nämlich zwischen zwei Beobachtern eines und desselben Phänomens eine Differenz, welche zuerst von Bessel[1]) auf individuelle Eigenschaften der Beobachter zurückgeführt und daher von ihm als »persönliche Differenz« oder »persönliche Gleichung« bezeichnet wurde. Ursprünglich wurde die persönliche Differenz unter Bedingungen beobachtet, welche den oben beschriebenen Versuchen nicht entsprechen, und welche wir unten (Nr. 4) noch näher kennen lernen werden. Hauptsächlich um die Unterschiede zu vermindern, sind die astronomischen Registrirapparate eingeführt worden, bei denen der Moment des Eintritts eines Phänomens durch eine Handbewegung angezeigt und dann mittelst elektromagnetischer Vorrichtungen auf einem zeitmessenden Apparat verzeichnet wird. Hier gleichen also die Bedingungen vollständig den bei der Bestimmung der einfachen Reactionszeit gegebenen, aber es wird nicht, wie in den psychologischen Versuchen, der Moment des wirklichen Phänomens und der Moment der Beobachtung, sondern nur der letztere ermittelt. Führen nun zwei Beobachter eine und dieselbe Zeitbestimmung aus, so hat die zwischen ihnen beobachtete Differenz offenbar die Bedeutung einer Differenz der einfachen Reactionszeiten. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass die größeren dieser Differenzen

1) Astronomische Beobachtungen der Sternwarte zu Königsberg, Abth. VIII, 1822. Eine kurze Geschichte der astronomischen Beobachtungen über die persönliche Gleichung ist von Radau (Carl's Repertorium f. physik. Technik, I u. II) und nach ihm von Exner (Pflüger's Archiv, VII, S. 601) gegeben worden. Ueber einige neuere hierher gehörige Untersuchungen berichtet Foerster, Vierteljahrsschr. der astronom. Gesellschaft, I, S. 236. Eine Uebersicht aller auf die persönliche Gleichung bezüglichen astronomischen und psychologischen Arbeiten gibt E. C. Sanford (Amer. Journ. of Psychology, II, p. 3, 271, 403 ff.).

darin ihren Grund haben, dass der eine Beobachter mehr sensoriell, der andere mehr muskulär reagirt. Wiederholte Bestimmungen der persönlichen Differenz zwischen den nämlichen Beobachtern zeigten außerdem, dass Veränderungen in der Reactionsweise sich einstellen, die theils in langen Zeiträumen stetig geschehen, theils schon in kürzerer Zeit als meistens kleinere Schwankungen sich geltend machen[1]. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei den größeren dieser Schwankungen einer der Beobachter von der vollständigen zur verkürzten Reactionsform überging oder umgekehrt. Auch eine auf die Zunahme der Reactionszeit bei sehr schwachen Reizen hinweisende Veränderung ist bei den Durchgangsbeobachtungen bemerkt worden. Sie besteht in einer bei der Verringerung der Sternhelligkeit eintretenden Zunahme des persönlichen Fehlers. Bei einer Abnahme der Helligkeit, welche 2,5 Größenclassen entsprach, erreichte der Werth dieser Aenderung im Mittel bei drei Beobachtern 43^{σ}[2]. Es ist nicht zu bezweifeln, dass sich die sämmtlichen persönlichen Differenzen auf ein Minimum reduciren lassen, wenn die Astronomen dereinst die bei den psychologischen Zeitmessungen gemachten Erfahrungen beachten werden. Auch bieten diese die Möglichkeit zu einer absoluten Bestimmung der begangenen Zeitfehler dar, von welcher in Zukunft vielleicht Gebrauch gemacht wird.

Wir haben uns oben grundsätzlich mit der Mittheilung einiger verhältnissmäßig zuverlässiger Angaben über Reactionszeiten begnügt, und auch die folgende Darstellung muss sich diese Beschränkung auferlegen. So neu das Untersuchungsgebiet der psychologischen Zeitmessung ist, so enthält doch die Literatur bereits eine Fülle von Messungen namentlich der einfachen Reactionszeit. Leider entsprechen dieselben aber auch in solchen Fällen, wo die Versuchstechnik von gröberen Fehlern frei ist, nicht immer denjenigen Anforderungen, welche erfüllt sein müssten, wenn aus ihnen irgend welche Schlüsse gezogen werden sollten. Abgesehen davon, dass auf die oben erörterten Hauptunterschiede der Reactionsform selten Rücksicht genommen ist, leiden viele Untersuchungen an dem Uebel, dass die Versuchspersonen nicht die zureichende Uebung besitzen, weder im Experimentiren selbst noch in der zu einem erfolgreichen psychologischen Experiment erforderlichen methodischen Selbstbeobachtung. Sporadische Versuche, die an diesen und jenen Personen angestellt werden, oft ohne sichere Fragestellung, namentlich aber ohne Bürgschaft dafür dass unbeabsichtigte Nebenbedingungen die Resultate trüben, sind aber ohne allen Werth und nur geeignet, dieses ganze Gebiet von Forschungen, noch ehe es einen nennenswerthen Erfolg aufweisen kann, zu discreditiren. Selbstverständlich können hier nur diejenigen Arbeiten berücksichtigt werden, bei denen wenigstens einigermaßen eine strengere Methodik eingehalten ist. Auch innerhalb dieser Grenzen musste freilich manches anscheinend sichere Ergebniss in Frage gestellt, manches andere in einer von dem Sinn der ursprünglichen Fragestellung abweichenden Weise gedeutet werden. Dies vorausgesetzt sollen nun in der folgenden Darstellung zunächst die Veränderungen, welche der einfache Reactionsvorgang in seinen beiden oben geschilderten Hauptformen darbietet, besprochen werden, und es soll

1) Vgl. PETERS, Astronomische Nachrichten, XLIX, S. 20. HIRSCH und PLANTAMOUR Détermination télégraph. de la différence de longitude etc. Genève et Bâle 1864, und HIRSCH in MOLESCHOTT's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen, IX, S. 205. KÜSTNER, Astron. Beobachtungen der kgl. Sternwarte zu Berlin. Berlin 1887.

2) BAKHUYZEN, Vierteljahrsschr. der astronom. Gesellsch., XIV, S. 408.

darauf die Untersuchung der zusammengesetzten Reactionsvorgänge folgen, welche dann entstehen, wenn zu den die einfache Reaction bildenden Vorgängen weitere psycho-physische Acte hinzugefügt werden [1]). Vorher mögen sich jedoch einige Bemerkungen über die Methodik der Zeitmessungsversuche hier anschließen.

Da das ganze Gebiet der psycho-physischen Zeitmessungen aus den vorhin erwähnten astronomischen Beobachtungen nach der Registrirmethode seinen Ursprung genommen hat, so sind die für jenen Zweck angewandten Untersuchungshülfsmittel im wesentlichen den astronomischen Registrirapparaten nachgebildet. Nur muss die Einrichtung so getroffen sein, dass sowohl der Zeitpunkt des wirklichen Sinneseindrucks, wie der Zeitpunkt der Reaction auf denselben genau bestimmt wird.

Für viele Zwecke ist das Hipp'sche Chronoskop, welches Fig. 215 in seiner äußeren Gestalt zusammen mit einer Versuchsanordnung für einfache Schallreactionen darstellt, ein sehr brauchbares Instrument; es bietet namentlich den Vortheil dar, dass es eine rasche Ausführung der Zeitmessungen gestattet.

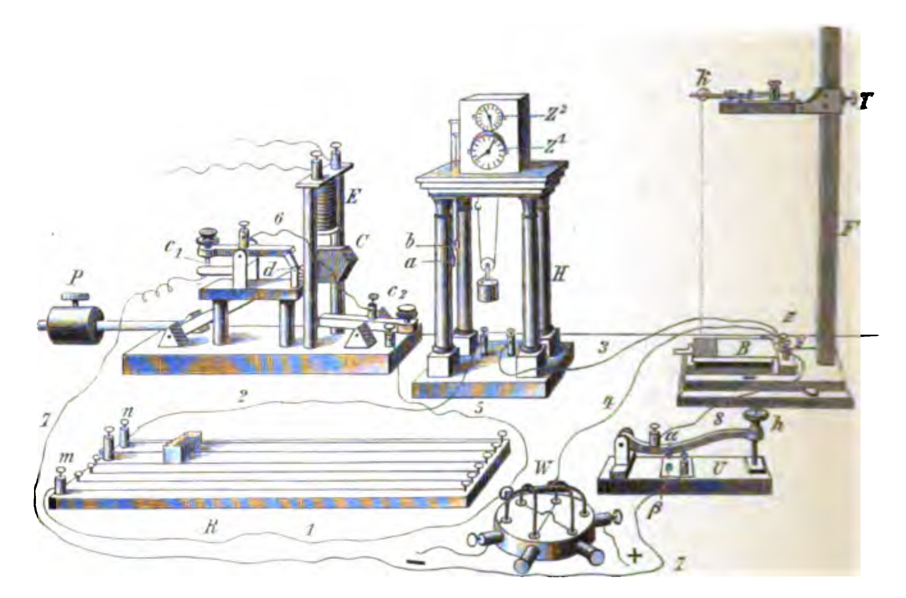


Fig. 215.

Dasselbe ist ein durch ein Gewicht getriebenes Uhrwerk, in dessen Steigrad eine Regulatorfeder in der Weise eingreift, dass sie bei der Bewegung in Schwingungen geräth, durch welche die Geschwindigkeit des Steigrads und dadurch des ganzen

1) Ein reiches Material theils selbst beobachteter theils von Andern gesammelter Resultate enthält das Werk des eifrig der psychologischen Zeitmessung ergebenen früh verstorbenen Gabriele Buccola, La legge del tempo nei fenomeni del pensiero. Bibl. scient. intern. Milano 1883. Leider finden auch auf dieses Werk die obigen Bemerkungen Anwendung, so dass im Folgenden von dessen Benutzung abgesehen werden musste.

Uhrwerks eine gleichförmige wird. In Gang gesetzt wird das Uhrwerk durch Ziehen an dem Knöpfchen *a*, dessen Schnur mit einem Auslösehebel in Verbindung steht; angehalten wird es durch einen zweiten Hebel, den man durch Ziehen an *b* beherrscht. Der Zeiger des oberen Zifferblatts Z^2 macht eine Umdrehung gerade in $^1/_{10}$ Sec. Da es in 100 Theile getheilt ist, so entspricht also jeder Theilstrich $^1/_{1000}{}^s$. Der Zeiger des unteren Zifferblatts Z^1 rückt, während der obere Zeiger eine ganze Umdrehung macht, um einen Theilstrich weiter fort, vollendet also eine ganze Umdrehung in 10^s. Die wesentliche Einrichtung des Chronoskops besteht nun darin, dass das Rad, welches die Bewegung des Uhrwerks zunächst auf den Zeiger des oberen und damit indirect auch auf den des unteren Zifferblatts überträgt, durch den Anker eines Elektromagnetes momentan angehalten und ebenso momentan wieder losgelassen werden kann. Bei der älteren Form des Chronoskops geschieht das erstere, sobald ein Strom durch den Elektromagnet gesandt wird, das letztere im Augenblick der Unterbrechung dieses Stroms; bei den neueren etwas größeren Instrumenten kann mittelst der Anwendung zweier Elektromagnete sowohl diese wie die entgegengesetzte Einrichtung getroffen werden: bei der letzteren stehen also die Zeiger fest, wenn kein Strom durch die Uhr geht, und sie werden dagegen im Moment des Stromschlusses in Bewegung gesetzt. Bei der in Fig. 215 als Beispiel dargestellten Versuchsanordnung ist die Einrichtung so getroffen, dass der Strom die Zeiger feststellt, und seine Unterbrechung sie in Bewegung setzt (erste Anordnung). Außer dem Chronoskop wird ein zur Erzeugung des Schallreizes dienender Fallapparat *F*, eine (in der Figur nicht sichtbare) constante galvanische Kette deren Strom bei + und — in den Stromwender *W* eintritt, ein Rheochord *R* zur Abstufung der Stromstärke, und der Reactionstaster *U* angewandt. Dazu kommt endlich ein besonderer Apparat zur Controle der Zeitangaben des Chronoskops, der Controlhammer *C*. Der ebenfalls von Hipp construirte Fallapparat *F* besteht aus einem Fuß, auf welchem sich das Fallbrett *B* befindet, aus einer verticalen viereckigen Säule von 64 cm Höhe und aus dem an derselben festzustellenden Träger *T*. An dem letzteren befindet sich vorn eine Messinggabel, deren Arme durch eine Zange an einander festgehalten werden können, so dass die Kugel *k* in der Gabel ruht. Mittelst Drucks an einer Feder kann diese Zange sehr rasch geöffnet werden, worauf die Kugel herabfällt und durch Auffallen auf das Fallbrett *B* den zu registrirenden Schall hervorbringt. Das beim Oeffnen der Gabel bewirkte Geräusch kann als Signal für den bevorstehenden Schall benutzt werden. Will man dieses Signal vermeiden, so wird die Gabel offen gelassen und die Kugel zwischen den Armen derselben bis zum Moment des Falls mit den Fingern festgehalten. Das Fallbrett *B* schlägt in Folge des Anschlagens der Kugel auf das unter ihm befindliche Brettchen auf und schließt dabei einen Metallcontact, so dass die zwei am hintern Ende des Brettchens stehenden Klemmschrauben *z* und *y*, die zuvor von einander isolirt waren, nunmehr leitend verbunden sind. Der Rheochord *R* besteht aus einer größeren Zahl parallel auf einem Fußbrett ausgespannter Neusilberdrähte, sowie zur feineren Abstufung der Stromstärke aus zwei Platindrähten, welche ein Quecksilbernäpfchen aus Hartgummi durchbohren; je weiter man dieses von den Klemmschrauben entfernt, eine um so größere Drahtlänge wird daher eingeschaltet, und so der Strom geschwächt. Vor Beginn einer Versuchsreihe muss durch den Rheochord die Stromstärke so regulirt werden, dass der Anker des Chronoskops möglichst momentan dem Schließen und Oeffnen des Stromes folgt, und

dass die kleinen Zeiten, welche der Anker braucht, um sich von dem Elektromagnete zu entfernen, und um wieder von demselben angezogen zu werden, möglichst gleich sind, oder dass doch, insofern sie nicht gleich, der dadurch entstehende Zeitfehler des Instrumentes bekannt ist. Um dies festzustellen bedient man sich des Controlhammers, der so mit den andern Apparaten in Verbindung gesetzt wird, dass jederzeit ein Controlversuch in eine sonstige Versuchsreihe eingeschaltet werden kann. Der Controlhammer ist ein schwerer Metallhammer *C*, dessen Geschwindigkeit durch ein an einem Winkelhebel wirkendes Gegengewicht *P* regulirt werden kann, und der durch einen Elektromagnet *E*, durch den der Strom einer zweiten galvanischen Kette geht, in bestimmter Höhe festgehalten wird. Wird dieser Strom unterbrochen, so fällt der Hammer und stellt während seines Falls, indem ein an ihm befestigter kleiner Fortsatz auf den Hebel *d* drückt, durch den sich schließenden Platincontact c_1 einen Stromschluss her; beim Auffallen des Hammers unterbricht er, indem er unmittelbar auf einen kleinen Hebel trifft, einen ähnlichen Contact c_2, der den nämlichen Strom unterbricht. Die Fallzeit des Controlhammers kann entweder mittelst einer Stimmgabel bestimmt werden, die ihre Schwingungen auf eine am Hammer zu befestigende Metallplatte aufzeichnet; besser aber benützt man hierzu das unten anzugebende Verfahren mit dem Chronographen, der als Aichungsapparat für alle chronometrischen Hülfsmittel dienen kann (Fig. 227). Der Reactionstaster *U* ist ein federnder Metallhebel, welcher sich auf einer isolirenden Unterlage aus Hartgummi befindet, und an dessen Ende ein Handgriff *h* angebracht ist, auf den der Beobachter, der die Registrirung ausführt, einige Finger seiner Hand legt. Wird auf *h* ein Druck ausgeübt, so werden die Platincontacte α und β gegen einander gepresst und so der durch den Taster gehende Strom geschlossen. Beim Nachlassen des Drucks schnellt der Hebel durch die unter *h* befindliche Feder sehr rasch in die Höhe, wobei der Strom unterbrochen wird[1]). Die verschiedenen Apparate sind durch die in der Figur angegebenen Leitungsdrähte mit einander verbunden. Doch sind der Uebersichtlichkeit wegen die sämmtlichen Apparate in unmittelbarer Verbindung dargestellt, während es für die Ausführung der Versuche dringend wünschenswerth ist, dass sich Experimentator und Beobachter in völlig getrennten Räumen befinden. Demnach sind die Vorrichtungen *F* und *U* in einem anderen Raum zu denken, als die übrigen, wobei jedoch außer den für die Verbindung der Apparate erforderlichen Drahtleitungen noch eine telegraphische Communication zwischen Experimentator und Beobachter mittelst verabredeter Signale erforderlich ist. Die Ausführung des Versuchs geschieht nun in folgender Weise. Nachdem

1) Als Reactionstaster *U* bedient man sich zweckmäßig der in der Telegraphie üblichen Vorrichtungen; namentlich die amerikanischen Telegraphentaster sind empfehlenswerth. Diese sowie alle anderen kleineren Hülfsvorrichtungen werden auf dem Experimentirtisch festgeschraubt. Für gewisse specielle Zwecke kann man besonders eingerichtete Contactvorrichtungen anwenden: so einen Lippenschlüssel, wie ihn Cattell beschrieben hat (Phil. Stud. III, S. 312), zur Registrirung von Lippenbewegungen, oder einen analog construirten Lidschlüssel für Bewegungen des Augenlids. Zur Registrirung von Sprachbewegungen geeignete Vorrichtungen werden wir unten noch kennen lernen. Ueberall aber, wo es frei steht, die Art der Reagirbewegung zu wählen, ist die combinirte Bewegung von Arm und Hand wegen der natürlichen Uebung, die ihr zu statten kommt, allen andern vorzuziehen, weil sie sich nicht nur am gleichförmigsten und schnellsten sondern namentlich auch am längsten ohne Ermüdung ausführen lässt.

Fallapparat und Rheochord in der richtigen Weise eingestellt sind, setzt sich die Versuchsperson vor den Reactionstaster U und drückt den Handgriff h nieder, so dass α und β in festem Contact stehen. Es geht nun der Strom von W aus durch 4 nach z, von da durch 3 nach dem Chronoskop H, aus diesem durch 2 nach der einen Endklemme n des Rheochords R, verlässt diesen bei m und geht durch 1 nach W und der Kette zurück. Demnach wird in dieser Anordnung durch den H durchfließenden schwachen Strom das Zeigerwerk festgehalten, obgleich das Uhrwerk durch Ziehen an a sofort bei Beginn des Versuchs in Gang gesetzt wurde. Hierauf lässt der Experimentator selbst oder (beim Arbeiten in getrennten Räumen) ein Gehülfe die Kugel k fallen. In dem Moment, wo diese auf dem Fallbrett B anlangt und der Schall entsteht, setzt sie durch Schließen des Metallcontactes unter dem Fallbrett die beiden Klemmen z und y in Verbindung. Dadurch hat sich nun eine zweite Leitung für den Strom eröffnet. Sie geht von W durch 4 nach z, y, 8, U, von da durch 7 nach den mittelst 6 verbundenen Platincontacten c_1 und c_2, welche während der eigentlichen Versuche beide geschlossen sein müssen. Aus der mit c_2 verbundenen vorderen Klemme des Controlhammers geht endlich der Strom durch 5 nach W und der Kette zurück. Diese zweite, außerhalb des Chronokops gehende Leitung bietet nun einen sehr viel geringeren Widerstand als die erste, in welcher durch den Rheochord und die im Chronoskop befindlichen Drahtwindungen der Strom geschwächt ist. Im Moment, wo diese Nebenleitung geschlossen wird, sinkt daher die Stromstärke in der durch das Chronoskop gehenden Hauptleitung auf eine verschwindend kleine Größe. In Folge dessen wird das elektromagnetisch arretirte Zeigerwerk losgelassen, und die Zeiger Z_2 und Z_1 werden von dem Uhrwerk mitgenommen. Indem nun die Versuchsperson auf den gehörten Schall reagirt, löst sie durch plötzliches Loslassen des Handgriffs h den Contact $\alpha\beta$. Dadurch wird aber die vorhin geschlossene Nebenleitung wieder geöffnet, der volle Strom ergießt sich nun wieder durch Rheochord und Chronoskop, und das Zeigerwerk wird in Folge dessen arretirt. Der Versuch ist damit zu Ende, und das Uhrwerk wird alsbald durch Ziehen an b festgehalten, sowie der Strom geöffnet. Vor dem Uebergang zu einem neuen Versuch wird der Stromwender W umgelegt, so dass nun der Strom in entgegengesetzter Richtung fließt, als vorhin, während die übrigen Verhältnisse ungeändert bleiben. Dieser Wechsel der Stromesrichtung ist erforderlich, um ein dauerndes Magnetischwerden des Eisens im Elektromagnet des Chronokops möglichst zu vermeiden. Will man einen Controlversuch ausführen, so wird durch Herabdrücken des Fallbretts B z mit y verbunden, und ebenso in U der Contact $\alpha\beta$ hergestellt, dagegen der Contact c_1 des Controlhammers geöffnet, während c_2 zunächst geschlossen bleibt. Es geht demnach nun der Strom von W durch 4 nach z durch 3 in das Chronoskop H, dann aus diesem durch 2 nach R, und von da wieder durch 1 nach W und der Kette zurück. Somit wird jetzt das Zeigerwerk durch denselben schwachen Strom festgehalten, wie im ersten Versuch. Nun lässt man durch Unterbrechen des durch E gehenden besonderen Stroms den Hammer C fallen. Infolgedessen wird sehr bald nach Beginn der Fallbewegung der Contact c_1 geschlossen. Dadurch entsteht nun aber wieder eine Nebenleitung von sehr kleinem Widerstand gegenüber der Hauptleitung. Sie geht von W durch 4 nach z, y, durch 8, α, β und 7 nach c_1, von da durch 6 nach c_2 und durch 5 nach W und der Kette zurück. Infolgedessen wird, wie vorhin, das Zeigerwerk in Bewegung gesetzt, bis durch Auf-

fallen des Hammers auf den unteren Hebel der Contact c_2 geöffnet und dadurch die Nebenleitung wieder unterbrochen wird. Die bei dem Controlversuch gemessene Zeit entspricht demnach genau der Zeit vom Schluss des Contactes c_1 bis zur Oeffnung des Contactes c_2, und da diese Zeit durch Stimmgabelschwingungen, entweder direct oder mittelst des Chronographen, genau bestimmt ist, so ergibt die Differenz zwischen ihr und der am Chronoskop abgelesenen Zeit unmittelbar den in Rechnung zu bringenden Zeitfehler dieses Instruments. Selbstverständlich ist übrigens dazu erforderlich, dass die gemessenen Reactionszeiten und die Controlzeit durchschnittlich übereinstimmen. Von dem richtigen Gang des Uhrwerks hat man sich durch die gleichbleibende Höhe des Tons der Regulirfeder zu überzeugen[1]).

Zur richtigen Handhabung des Chronoskops ist eine genaue Kenntniss seiner inneren Einrichtung unerlässlich. Es mag daher hier den obigen allgemeinen Bemerkungen über die Wirkungsweise dieses Instruments noch eine eingehendere Beschreibung desselben folgen. In Fig. 216 bis 219 sind die hauptsächlichsen Theile des Apparats in $^2/_3$ der wirklichen Größe dargestellt. An der Gewichtsrolle G (Fig. 216 u. 218) ist ein Rad R_1 befestigt, welches durch einen Trieb mit dem Rade R_2 ebenso wie dieses mit R_3 verbunden ist. Durch den Trieb von R_3 wird das Steigrad S bewegt, in dessen Zähne die schwingende Feder F eingreift. Diese ist auf 1000 Schwingungen in der Secunde abgestimmt, so dass das Rad S in je 0,001 Sec. sich um einen Zahn fortbewegt. Mit ihrem breiteren Ende ist die Feder zwischen zwei Messingklötzen festgeklemmt. Zur Dämpfung der Schwingungen der Feder befindet sich über ihr ein kleiner Hebel h, an welchem der unten in ein els-

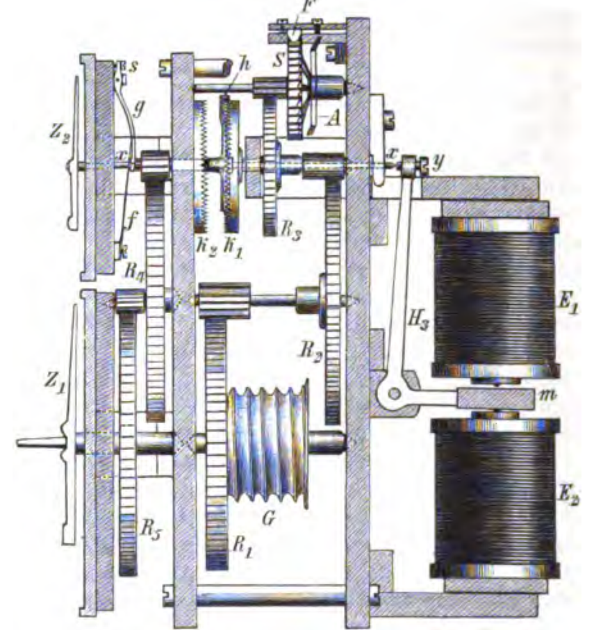


Fig. 216.

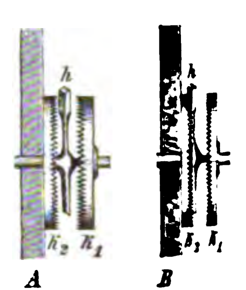


Fig. 217.

1) Die älteren und kleineren Apparate Hipp's halten ihren Ton sehr constant; die neueren haben den Fehler, dass sie zuweilen in die tiefere Octave umschlagen.

stisches Kissen auslaufende Dämpfer *d* und das Laufgewicht *p* verschoben werden können. Will man den Dämpfer nicht gebrauchen, so wird der Hebel *h* um seine Axe zurückgeschlagen Die mechanische Auslösung des Uhrwerks bei Beginn des Versuchs und die Arretirung nach Beendigung desselben geschieht mittelst der Hebel H_1, H_2 (Fig. 218), die durch die Schnüre *a* und *b* regirt werden. Zieht man an *a*, so lässt der obere Fortsatz *i* des Hebels H_1 die Arretirstange *A*, die er während der Ruhe gegen die Welle des Steigrades *S*

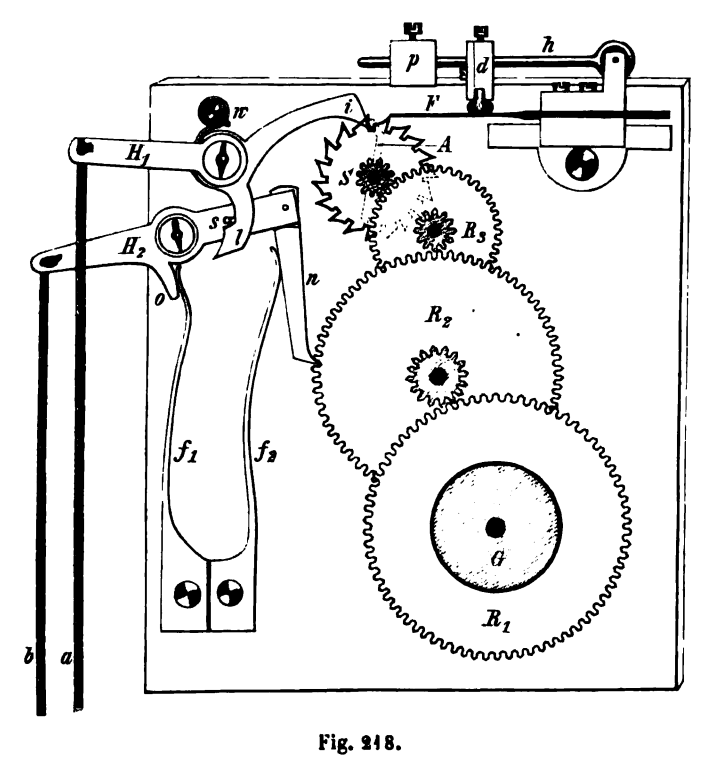


Fig. 218.

drückt, los, so dass *S* sich frei drehen kann, während sich der untere Fortsatz *l* aus dem Stift *s* des Hebels H_2 löst, so dass das freie, etwas gekrümmte Ende von *l* an *s* anliegt. Zugleich wird der kurze Fortsatz *o* des Hebels H_2 durch die starke stählerne Feder f_1 nach außen gedreht, wodurch der Arm *n* einen kräftigen, durch die Messingfeder f_2 verstärkten Stoß gegen die Zähne von R_2 ausübt und so bewirkt, dass sich das Uhrwerk alsbald mit voller Geschwindigkeit bewegt. Zieht man dagegen, nachdem der Versuch beendet ist, an der Schnur *b*, so wird der Hebel H_2 wieder in seine in der Fig. 218 gezeichnete Lage herabgedrückt, wodurch zugleich, indem die Feder *w* den Hebel H_1 stets in seine Ruhelage zu bringen strebt, der Stift *s*, die Arretirstange *A* und der Fortsatz *n* wieder ihre ursprüngliche Stellung einnehmen. Damit das durch die Räder R_3 R_4 und R_5 (Fig. 216) gedrehte Zeigerwerk in jedem Moment, während das Uhrwerk im Gang ist, in und außer Verbin-

dung mit demselben gesetzt werden kann, ist folgende Einrichtung getroffen. Die Axe xx des am obern Zifferblatt befindlichen Zeigers Z_2 läuft innerhalb der Welle des Rades R_3, auf dieser Welle ist das mit ihr bewegliche Kronrad k_1 befestigt, und diesem gegenüber befindet sich das ihm gleiche aber feste Kronrad k_2. Mit der Zeigeraxe xx fest verbunden ist ferner der Halter h, dessen oberes Ende, wie in Fig. 217 ersichtlich, derart prismatisch gestaltet ist, dass seine vordere oder hintere Kante zwischen zwei Zähne des Kronrades k_1 oder k_2 sich einlegt. Ebenso ist der in das Rad R_4 eingreifende Trieb fest mit xx verbunden, so dass mit der Drehung des Zeigers Z_2 immer zugleich eine solche des Zeigers Z_1 durch die Radübertragung $R_4 R_5$ verbunden ist. Diese Uebertragung ist so eingerichtet, dass, während Z_1 das obere Zifferblatt in 0,1 Sec. durchläuft, Z_2 hierzu 10 Sec. braucht. Da jedes Zifferblatt in 100 Theile getheilt ist, so entspricht demnach jeder Theilstrich oben einem Werthe von 1^σ, unten einem solchen von 100^σ. Die Auslösung sowie die Arretirung der Bewegungen der Zeiger wird nun durch den Halter h bewirkt. Wird die Axe xx nach hinten gezogen, so greift h in das bewegliche Kronrad k_1 ein und das Zeigerwerk bewegt sich. Wird dagegen xx nach vorn gedrückt, so greift h in das feste Kronrad k_2 ein, und das Zeigerwerk steht still. Die Fig. 216 zeigt h in der ersten, die Fig. 217 B in der zweiten Stellung; in Fig. 217 A ist es im Uebergang zwischen beiden Stellungen sichtbar. Damit diese Verschiebungen von xx möglichst momentan durch Schließung oder Unterbrechung elektrischer Ströme bewirkt werden können, werden sie durch die Elektromagnete E_1 E_2 und die mit dem Anker m derselben verbundene Hebelvorrichtung H regiert (Fig. 216 und 219). Der verticale Arm des Hebels H_3 trägt an seinem oberen Ende eine Schraube, die in ihrer Vertiefung die Stahlspitze der Zeigeraxe xx aufnimmt; der horizontale Hebelarm trägt den Anker m der Elektromagnete; über die Kerne der letzteren ragen in ihrer Mitte abgestumpfte Eisenspitzen hervor, an die sich m anlegt. Liegt der Anker dem unteren Elektromagnete E_2 an, so dreht sich der verticale Hebelarm zurück, und die Axe xx wird nun durch die gegen die Messingfeder wirkende Stahlfeder f zurückgeschoben, so dass h in das bewegliche Kronrad k_1 eingreift. Liegt dagegen m dem oberen

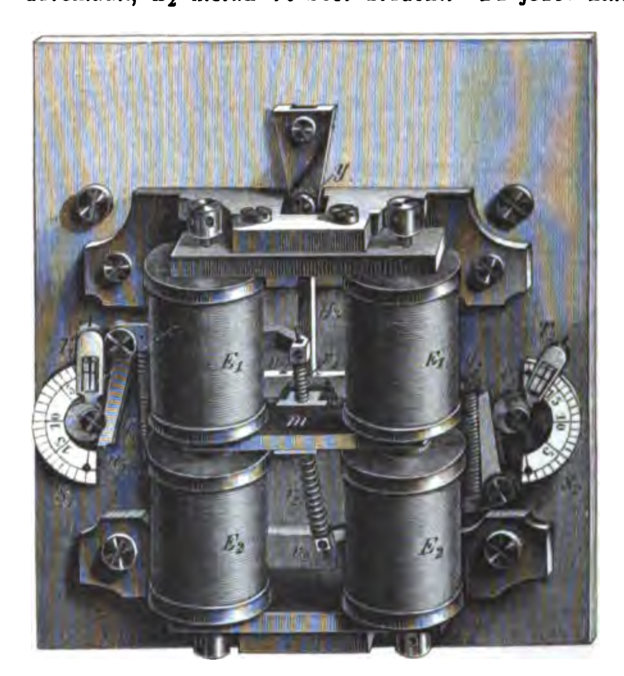


Fig. 219.

Elektromagnete E_1 an, so wird xx durch den Hebel H_3 nach vorn geschoben und h greift nun in das feste Kronrad k_2 ein. Um je nach den Bedingungen des Versuchs die untere oder die obere Stellung von m durch Stromschließung oder -öffnung in den Elektromagneten E_1 und E_2 hervorbringen zu können, befindet sich an dem Hebel H_3 die in Fig. 219 dargestellte Stellungsvorrichtung. Dieselbe besteht aus den Hülfshebeln $u_1\,u_2$ und $v_1\,v_2$, deren Stellungen durch die Federn $q_1\,r_1$ und $q_2\,r_2$ bestimmt werden, von denen r_1 und r_2 mit dem Anker m verbunden sind. Die Stellungen der beiden Hülfshebel und des Ankers m werden durch die kleinen, an den Theilkreisen S_1 und S_2 beweglichen Excentrik-Hebel T_1 und T_2, deren Wirkungsweise leicht aus Fig. 219 ersichtlich ist, regiert. Befinden sich T_1 und T_2 in ihrer oberen Lage, so ist r_1 schwach und r_2 stark gespannt, m ist in seiner unteren Lage und das Zeigerwerk bewegt sich (wie in Fig. 216). Werden dagegen T_1 und T_2 abwärts gedrückt, so wird r_1 gespannt und r_2 entspannt; m befindet sich also in seiner oberen Lage und das Zeigerwerk steht still. In Folge der Anwendung der doppelten Elektromagnete und der doppelten Ruhestellung des Ankers lässt sich das Chronoskop in verschiedener Weise zur Messung kleiner Zeittheile anwenden. Da bei Reactionsversuchen der Zeitpunkt der Reactionsbewegung nur durch die Oeffnung eines Contacthebels (nicht durch die Schließung eines solchen) zureichend sicher bestimmt werden kann, so kommen aber hier nur zwei Anordnungen in Betracht. Bei der ersten wird das Zeigerwerk festgehalten, wenn der Strom durch das Chronoskop geht, und in Bewegung gesetzt, wenn er nicht durch dasselbe geht. Bei den Hipp'schen Chronoskopen älterer Construction, welche nur ein Elektromagnetpaar besitzen und bei denen die Construction entsprechend vereinfacht ist, ist nur diese erste Anordnung anwendbar; aber auch bei den neueren Instrumenten ist sie im allgemeinen vorzuziehen. Bei ihrer Anwendung bringt man die Hebel $T_1\,T_2$ in ihre obere Lage, so dass sich m in seiner unteren Stellung (Fig. 216) befindet. Man schließt darauf einen Strom, der durch das Elektromagnetpaar E_1 geht, vor Beginn des Versuchs, so dass m in seine obere Stellung rückt, und h in das feste Kronrad eingreift (Fig. 217 B). Die Anordnung wird nun so getroffen, dass gleichzeitig mit der Einwirkung des Reizes der Strom in E_1 unterbrochen oder auf eine verschwindende Größe herabgedrückt wird und in Folge der Reagirbewegung wieder eintritt. Es wird dann im Moment des Reizes der Halter h mit dem beweglichen und im Moment der Reaction wieder mit dem festen Kronrad verbunden, so dass, wenn jedesmal die Bewegung von h sowie die zureichende Magnetisirung und Entmagnetisirung des Eisenkerns die gleiche Zeit beanspruchen, das Zeigerwerk genau während einer der Reactionszeit entsprechenden Zeit bewegt worden ist. Zur Erzeugung und Unterbrechung des Stroms in E_1 wendet man, wie in Fig. 215 dargestellt, das Princip der Nebenschließung an. Bei der zweiten Anordnung gibt man den Hebeln $T_1\,T_2$ ihre untere Lage, so dass vor dem Versuch m in der oberen Stellung und h mit dem festen Kronrad verbunden ist. Nun wird die Einrichtung so getroffen, dass im Moment der Reizeinwirkung zugleich ein durch E_2 gehender Strom geschlossen und im Moment der Reaction wieder geöffnet wird. In diesem Falle kann man entweder einen zuerst offenen Strom schließen und wieder öffnen lassen, oder man kann ebenfalls das Princip der Nebenschließung anwenden, indem man bei der Reizeinwirkung eine Nebenschließung von im Verhältniss zu E_2 verschwindendem Widerstand und dann bei der Reaction den Stromeskreis E_2 selbst öffnen lässt.

Zur Ausführung von Reactionsversuchen vor einem größeren Zuhörerkreis bedient man sich zweckmäßig des in Fig. 220 dargestellten Demonstrationschronoskops. Dasselbe besitzt ein weit größeres Uhrwerk und zwei Zifferblätter auf Milchglas, die durch eine dahinter befindliche Gasflamme erleuchtet werden können. Das größere Zifferblatt von 46 cm Durchmesser gibt die Tausendtheile, das kleinere von 17 cm die Zehntheile der Sec. an. Der Zeiger des großen Zifferblatts ist ein geschwärzter Strohhalm, da ein Metallzeiger von dieser Länge zu schwer beweglich sein würde. Die beiden Schnüre zur Linken regieren den Bewegungs- und den Arretirungshebel des Uhrwerks. Mittelst der Schnur zur Rechten wird der Dämpfer auf die schwingende Feder aufgedrückt. Die innere Einrichtung entspricht derjenigen Anordnung des Hipp'schen Chronoskops, die oben als die zweite bezeichnet wurde, bei der also das Zeigerwerk ohne Strom stille steht, und durch den in das Chronoskop eintretenden Strom in Bewegung gesetzt wird. In diesem Fall ist wegen der größeren zu bewegenden Massen diese Einrichtung die vortheilhaftere. Auch sind die Angaben dieses Chronoskops durchaus constante, so dass es allen Erfordernissen des Versuchs entspricht. Nur muss von seinen Zeitangaben ein für jedes Instrument besonders zu bestimmender constanter positiver Fehler in Abzug gebracht werden[1], welcher von der zur Bewegung des Anker- und Zeigerwerks erforderlichen Zeit herrührt.



Fig. 220.

1) Bei dem Instrument des Leipziger Instituts beträgt derselbe bei geeigneter Stromstärke etwa 45^{σ}.

Diese Zeit verschwindet bei dem kleinen Chronoskop gegenüber den sonstigen variabeln und durch den Controlhammer zu corrigirenden Fehlern des Instruments.

Zur Controle und Correctur der Chronoskopzeiten ist eine absolute Constanz der Zeitangaben des Controlhammers erforderlich. Zu diesem Zweck müssen die Contacte c_1 und c_2 (Fig. 215) sicher schließende Platincontacte, sie dürfen unter keinen Umständen Quecksilberschließungen sein. Außerdem muss, wie oben schon bemerkt, die Zeit zwischen der Schließung von c_1 und der Oeffnung von c_2 annähernd den zu messenden Reactionszeiten gleich sein. Trifft dies nicht zu, so können durch die Unterschiede der Stromdauer im einen und im andern Fall Differenzen der Abreißungszeiten des Ankers der Chronoskopelektromagnete entstehen. Bei dem in Fig. 215 *C* abgebildeten kleinen Controlhammer entspricht die Zeit des Falls annähernd der einfachen Reactionszeit. Handelt es sich um die Untersuchung zusammengesetzter Reactionsvorgänge, die in der Regel von erheblich längerer Dauer sind, so bedarf es daher der Anwendung eines ähnlichen Instrumentes, welches weit größere Variationen der Fallzeit zulässt. Ein solches ist der in Fig. 221 dargestellte große Controlhammer, bei dem

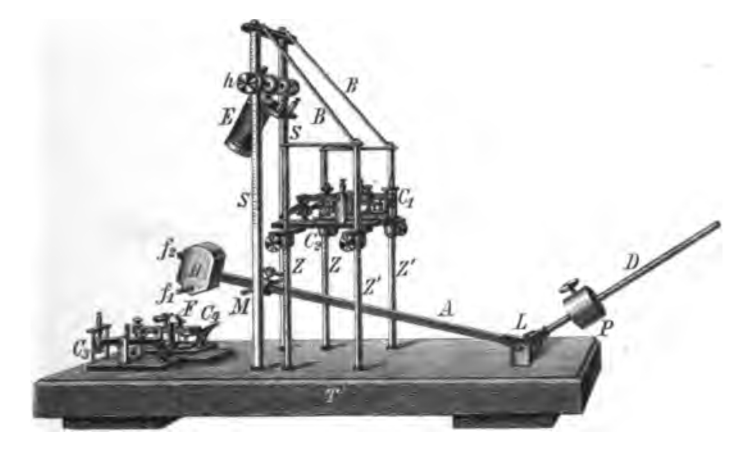


Fig. 221.

die Zeit des Falls zwischen dem oberen und unteren Contact etwa zwischen 100 und 600^{σ} mit größter Genauigkeit variirt werden kann[1]). Der Apparat unterscheidet sich von dem kleinen Controlhammer nicht nur dadurch, dass er in viel größeren Dimensionen ausgeführt ist, und in weitem Umfang eine Veränderung der Fallhöhe möglich macht, sondern auch durch eine Reihe weiterer, die Zuverlässigkeit seiner Function erhöhender Verbesserungen. Der ganze Apparat steht auf einem mit Filzunterlagen versehenen Fußbrett *T*, auf welchem das Axenlager *L* für den Winkelhebel des Hammers, die vier Messingsäulen *ZZ, Z′Z′* zur Verschiebung der oberen Contactapparate C_1, C_2, sodann die Messingsäulen *SS* zur Verschiebung des Elektromagnetes *E*, sowie links die unteren Contactapparate C_3, C_4 befestigt sind. Der Winkelhebel trägt an seinem

1) Külpe und Kirschmann, Phil. Stud. VIII, S. 145 ff.

hinteren, mit einer Scala versehenen Arm D das Laufgewicht P, durch dessen Verschiebung die Geschwindigkeit des Falls regulirt wird. Der vordere Arm trägt den Hammerkopf H, an welchem rechts und links ein Fortsatz f_1 zur Auslösung der unteren Contacte und vorn ein Fortsatz f_2 angebracht ist, über den sich in dem Moment, wo der Hammer auf einem hier das Fußbrett T bedeckenden Filz angelangt ist, die zwischen den Contactapparaten C_3 und C befindliche Feder F herüber legt, wodurch ein Zurückspringen des Hammers verhütet wird. Nahe dem Hammerkopf befindet sich auf dem Arm A verschiebbar und durch eine Schraube fixirbar der Auslöser M, der rechts und links ähnliche Fortsätze wie f_1 hat für die Auslösung der oberen Contacte $C_1 C_2$. An den Säulen SS, deren eine mit einer Scala versehen ist, lässt sich der Elektromagnet E mittelst der Schraube h verschieben, und außerdem ist derselbe so um die Axe seines Fußes drehbar, dass er in jeder Stellung durch Schrauben fixirt werden kann. Die schrägen Messingsäulen BB dienen zur sichereren Befestigung der Säulen SS, und dadurch des Elektromagnetes. Von besonderer Wichtigkeit ist die Construction der Contactapparate $C_1 C_2$ und $C_3 C_4$. Dieselben sind so angeordnet, dass in C_1 und C_3 bei der Auslösung durch

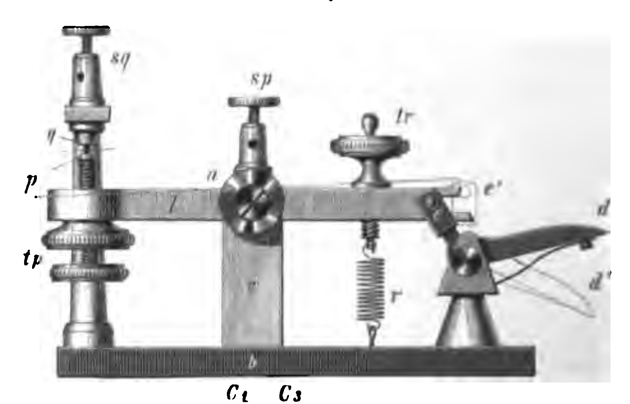


Fig. 222.

entsprechenden Hammerfortsätze ein Contact geöffnet, in C_2 und C_4 aber solcher geschlossen wird. Demgemäß wendet man bei einer bestimmten Versuchsanordnung immer nur entweder die Contactapparate der linken Seite C_2 C_3 oder nur die der rechten C_1 und C_4 an. Ersteres, wenn die erste Anordnung des Chronoskops benützt wird, also die Zeit von der Schließung bis zur Oeffnung eines Nebenstromes bestimmt werden soll, letzteres, wenn die zweite Anordnung gewählt wird, wo im ersten Moment der Strom geöffnet und im zweiten geschlossen wird. Hiernach zeigen die Figg. 222 und 223 die näheren Einrichtungen dieser paarweise identischen Contactapparate. Der von einer Hartgummiunterlage b getragene Oeffnungsapparat $C_1 C_3$ (Fig. 222) ist der einfachere. Klemmschrauben sp und sq dienen der Zuleitung des Stromes. Vor der Auslösung durch den Hammer befindet sich der die Auslösung besorgende Hartgummihebel in der Stellung de, und der Strom geht von sp durch den Messinghebel l, der in seiner Axe a von der ihn tragenden Messingsäule c durch Hornführung isolirt ist, durch den geschlossenen Platincontact pq zu

ist durch das Herabfallen des Hammers *de* in die Stellung *d'e'* übergegangen, so wird der Hebel *l* bei *e'* etwas gehoben und dadurch der Contact *pq* gelöst, der Strom also unterbrochen. Die Feder *r* mit der zugehörigen Schraube *tr* dient zur richtigen Einstellung des Contactes; mittelst der Doppelschraube *tp* regulirt man die Bewegung des Hebels *l*. Der Schließungsapparat $C_2 C_4$ (Fig. 223)

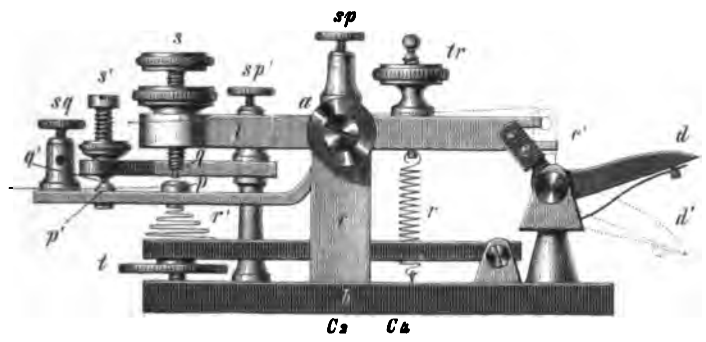


Fig. 223.

kann gleichzeitig auch als Oeffnungsapparat benutzt werden, was für gewisse päter zu erwähnende chronometrische Zwecke erforderlich ist. Derselbe stimmt nit dem vorigen Apparat in allen in der Figur gleich bezeichneten Theilen überein, ur die Klemmschraube *sq* steht auf einem besonderen knieförmigen Messing-ebel, der von dem Hebel *l* isolirt, ebenfalls um die Axe *a* drehbar ist, und ußerdem die Platinplättchen *p* und *p'* trägt. Ferner befindet sich auf der nterlage *b* isolirt von dem übrigen Apparat eine hinter *l* sichtbare Messing-iule, oben mit einer Klemmschraube *sp'* versehen und einen horizontalen alken tragend, an dessen Ende sich die durch die Schraube *s'* einzustellende latinspitze *q'* befindet. Endlich dient ein parallel der Unterlage *b* angebrachter artgummihebel, dessen Stellung durch die Schraube *t* regulirt wird, zur Einellung des die Platinplättchen *p* und *p'* tragenden Hebels, mittelst der eder *r'*. Der Apparat wird nun so eingestellt, dass in der Lage *de* des uslösers *p* und *q* durch einen kleinen Zwischenraum getrennt sind, *p'* id *q'* aber sich berühren. Geht dann beim Fall des Hammers *de* in die ellung *d'e'* über, so wird der Contact *pq* durch Herabsinken der linken ite des Hebels *l* geschlossen und im gleichen Moment dadurch, dass hierbei r knieförmige Messinghebel herabgedrückt wird, der Contact *p'q'* geöffnet. erbei gestattet die Feder *r'* dem die Plättchen *pp'* tragenden Hebel ohne ckerung des Contacts nach unten auszuweichen. Will man demnach den parat zur Stromschließung benutzen, so verbindet man die Leitungsdrähte t *sp* und *sq*, es wird dann im Moment der Auslösung durch den Contact *pq* r Strom geschlossen. Soll dagegen der Apparat zur Oeffnung dienen, so rbindet man die Drähte mit *sp'* und *sq*. Dann wird im Moment der Auslösung der Contactstelle *p'q'* der Strom unterbrochen[1]).

---

1) In den älteren Versuchen ist mehrfach zur Controle der Chronoskopzeiten der Fig. 215 *F* abgebildete Hipp'sche Fallapparat benutzt worden. Die Zeitfehler des-sen sind aber viel zu groß, um eine hinreichend genaue Controle möglich zu chen. Das von Cattell construirte Fallchronometer ist constanter, lässt sich aber

Neben den Zeitmessungsapparaten sind bei den Reactionsversuchen die der Einwirkung der Reize dienenden Vorrichtungen von besonderer Wichtigkeit.

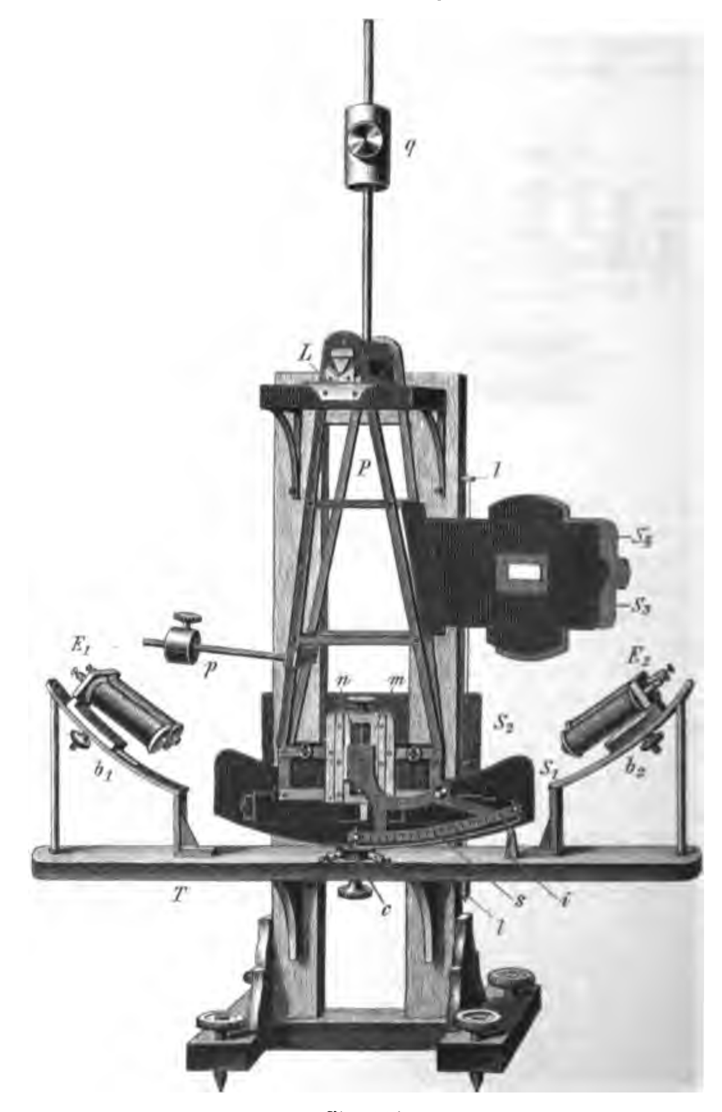


Fig. 224.

bei mäßiger Höhe nur innerhalb zu enger Zeitgrenzen variiren, um selbst bei den ein-fachsten Reactionszeiten, für die der kleine Controlhammer (Fig. 215 C) ausreicht, den zu messenden Zeiten zu entsprechen. Bei bedeutenderer Höhe werden in Folge der starken Erschütterungen die Contacte unsicher. Vorrichtungen, bei denen die Bewegung nach dem Princip der Atwood'schen Fallmaschine verzögert wurde, haben sich nicht bewährt. Vgl. die von Külpe und Kirschmann ausgeführten Versuche zur Prüfung dieser Instrumente. Phil. Stud. VIII, S. 145 ff.

Zu Schallversuchen ist hier, wenn es sich um die Anwendung möglichst momentaner Geräusche handelt, der HIPP'sche Fallapparat (Fig. 215 *F*) in der oben beschriebenen Anwendungsweise eine sehr brauchbare Vorrichtung. Zur Erzeugung momentaner Lichteindrücke hat man sich früher nicht selten der elektrischen Erleuchtung bedient, welche den Vortheil bietet, dass sich bei ihr leicht eine Coincidenz des Stromschlusses durch das Chronoskop und des Moments der Reizeinwirkung herstellen lässt. Es bildet aber dabei die nicht unbeträchtliche Dauer der Adaptationsvorgänge des Auges eine nicht zu beseitigende Fehlerquelle. Es ist daher zweckmäßiger, die Versuche so auszuführen, dass die Lichteindrücke das Auge in einem für sie bereits möglichst adaptirten Zustande antreffen. Dies ist nur möglich, wenn die Versuche bei Tages- oder künstlicher Beleuchtung mittelst geeigneter Vorrichtungen ausgeführt werden. Gut bewährt hat sich für diese Zwecke das in Fig. 224 abgebildete Spaltpendel für chronometrisch-optische Versuche. Dasselbe besteht aus einem aus gusseisernen Stangen zusammengesetzten schweren Pendel *P*, welches mit einer Stahlschneide auf einer Stahlunterlage *L* ruht. Am unteren Ende des Pendels befindet sich (in der Figur nicht sichtbar) ein schweres, fest eingeschraubtes Bleigewicht. Auf der der Drehungsaxe entgegengesetzten Seite trägt das Pendel eine Stahlstange mit dem Laufgewicht *q*, durch welches die Geschwindigkeit seiner Schwingungen abgestuft werden kann. Der eiserne Träger des Pendels ist an einem massiven, unten auf 4 Stellschrauben ruhenden Holzgestell befestigt, welches einen breiten Tisch trägt. Auf diesem befinden sich links und rechts die Messingträger b_1 und b_2, auf denen die Elektromagnete E_1 und E_2 verschoben und festgestellt werden können. Diesen entsprechend befindet sich am unteren Ende des Pendels jederseits ein kleiner Eisenanker. Lässt man durch die Elektromagnete E_1 E_2 einen Strom von geeigneter Stärke fließen, so kann demnach das Pendel jederseits in einer durch die Stellung der Elektromagnete bestimmten Ablenkung festgehalten werden. Bei den Versuchen bringt man die Elektromagnete in eine solche Distanz, dass, wenn bei der Oeffnung des Stromes das Pendel schwingt, es, wenn der Strom sofort wieder geschlossen wird, von dem Elektromagnet der entgegengesetzten Seite eben noch nahezu geräuschlos aufgefangen werden kann. Man kann also bei dieser Einrichtung bei jedem Versuch das Pendel nur eine einfache Schwingung ausführen lassen, und zugleich kann diese Bewegung von dem außerhalb des Beobachtungszimmers in einem andern Raum befindlichen Experimentator regiert werden. An dem Pendel sind zwei Spaltapparate angebracht, ein unterer $S_1 S_2$, welcher einen Spalt in horizontaler Richtung öffnet, und ein oberer $S_3 S_4$, bei welchem ein Spalt in verticaler Richtung geöffnet wird. Jede dieser Spaltvorrichtungen besteht aus einem festen mit Spalt versehenen schwarzen Schirm S_2, S_4, der an dem Holzstativ des Pendels befestigt ist, und aus einem beweglichen, einen ähnlichen Spalt führenden Schirm S_1, S_3, der am Pendel befestigt ist. Zur Aequilibirung des schwarzen Blechschirms S_3 ist auf der andern Seite des Pendels eine kleine Stahlstange mit dem Laufgewicht *p* angebracht. Die Oeffnungen der sämmtlichen vier Schirme können durch je vier Schieber auf die wünschenswerthe Größe gebracht werden. Die untere Spaltvorrichtung kann nur für Reactionsversuche mit einfachen Lichtqualitäten und -intensitäten angewandt werden. Sind die optischen Objecte verwickelterer Art (Buchstaben, Worte, Bilder u. s. w.), so ist die obere Spaltvorrichtung anzuwenden, weil hierbei das gesammte Object in verticaler Richtung sichtbar gemacht werden muss. Endlich ist am unteren Ende

des Pendels und auf dem unter ihm befindlichen Theil des Tisches *T* die Vorrichtung zur Schließung des Chronoskopstromes angebracht. Dieselbe besteht aus einem zwischen den Schienen *m m* mittelst Schraube verschiebbaren Messingschlitten, welcher unten eine versilberte Millimeterscala *s* und unter dieser einen gleich ihr in der Schwingungsrichtung des Pendels gebogenen Platindraht trägt, welcher durch Isolatoren mit der Scala verbunden ist. Auf dem Tisch ist rechts der Zeiger *i* befestigt, welcher die Einstellung des Pendels an der Scala ablesen lässt, links ist der Stromschließer *c* festgeschraubt. Er besteht aus einer kreisförmigen Hartgummiplatte mit zwei Quecksilbernäpfchen, die mit zwei Klemmschrauben in leitender Verbindung stehen. Die Kuppen des in die Näpfchen gebrachten Quecksilbers ragen gerade so weit empor. dass der Platindraht beim Vorüberschwingen des Pendels in dieselben eintauchen und dadurch, sobald er mit der zweiten Kuppe in Berührung kommt, einen durch die Klemmen zugeleiteten Chronoskopstrom schließen kann. Dieser Strom bleibt dann geschlossen, bis er vom Reagenten am Reactionstaster wieder geöffnet wird, weil die Scala so eingestellt ist, dass der Platindraht auch noch in der zweiten Stellung des Pendels am Elektromagnet E_1 in die beiden Näpfchen eintaucht. Der Versuch wird nun folgendermaßen ausgeführt. Das Pendel wird von E_2 in der ersten Stellung festgehalten, dann bringt ein im Beobachtungsraum befindlicher Gehülfe das Object hinter einen der festen Spalte S_2 oder S_1, wobei es durch den beweglichen Schirm S_1, S_3 noch verdeckt wird. Hierauf lässt der in einem entfernten Raum befindliche Experimentator auf ein gegebenes Signal durch Oeffnung und alsbaldige Wiederschließung des Elektromagnetstroms das Pendel einen einmaligen Vorübergang von E_2 bis E_1 ausführen. Dabei wird bei dem Durchgang durch die Gleichgewichtslage das Object in Folge des Vorübergangs des beweglichen vor dem festen Spalt während einer sehr kurzen Zeit sichtbar gemacht. Bei Reactionen auf einfache Lichteindrücke stellt man *s* und *c* so zu einander ein, dass im Moment der beginnenden Oeffnung des Spalts der Strom geschlossen wird. da in diesem Fall ein Lichteindruck, z. B. eine einfache Farbe, sofort beim Sichtbarwerden auf den Reagenten einwirkt. Bei der Benutzung complicirter Objecte, wie sie besonders bei der Untersuchung der zusammengesetzten Reactionsvorgänge angewandt werden, ist es erforderlich, den Schluss etwas später eintreten zu lassen, da solche Objecte erst erkannt werden können, wenn sie ganz oder großentheils sichtbar sind. Hierbei ist es zweckmäßig, die Einstellung so zu machen, dass der Strom geschlossen wird, wenn die Hälfte des im oberen Spalt in verticaler Richtung enthüllten Objectes sichtbar geworden ist. Der hierbei wegen entweder schon vorangegangener oder erst nachfolgender Erkennung begangene Fehler ist dann wegen der annähernd gleichen Möglichkeit beider Fälle ein Minimum, und jedenfalls ist er in Anbetracht des raschen Vorübergangs des Spaltes im Verhältniss zur Größe der zusammengesetzteren Reactionszeiten verschwindend klein. Der Beobachter empfängt den Lichteindruck entweder durch ein auf die Mittellage des Spaltes eingestelltes Fernrohr oder durch eine Röhre, wobei es zugleich erforderlich ist, die der Mitte des enthüllten Objectes entsprechende Stelle durch ein auf dem beweglichen Schirm angebrachtes Fixationszeichen, welches zugleich die richtige Einstellung der Accommodation vermittelt, zu markiren.

Zu denjenigen Eindrücken, welche sich namentlich bei der Untersuchung zusammengesetzter Reactionsvorgänge für viele Zwecke empfehlen, gehören die Sprachlaute oder aus ihnen gebildete einfache Wörter. Bei Anwendung

dieser Reizform kann man den bei der Articulation der Laute erzeugten Luftstrom benutzen, um eine Stromunterbrechung hervorzubringen, welche den Zeiger des Chronoskops in Bewegung setzt. Man wendet demnach für diesen Fall die oben S. 329 als zweite Anordnung erwähnte Versuchseinrichtung an, bei welcher im Moment des Reizes der Chronoskopstrom geöffnet wird. Eine für diese Versuche sehr zweckmäßige Vorrichtung ist der CATTELL'sche Schallschlüssel (Fig. 225). Derselbe besteht aus einem Mundstück, in welches der Reagirende hineinspricht, und aus einem Trichter, in dessen weite Oeffnung der unten gezeichnete Ring passt. Der letztere ist mit Lammleder überspannt und mit dem Platincontact *c* versehen, welcher mit zwei zur Aufnahme von Leitungsdrähten bestimmten Klemmschrauben in Verbindung steht. In den Strom der Kette ist außer dem Contact *c* der in Fig. 226 dargestellte elektromagnetische Unterbrecher aufgenommen. Die Klemmschrauben *B* dieses Apparates sind mit

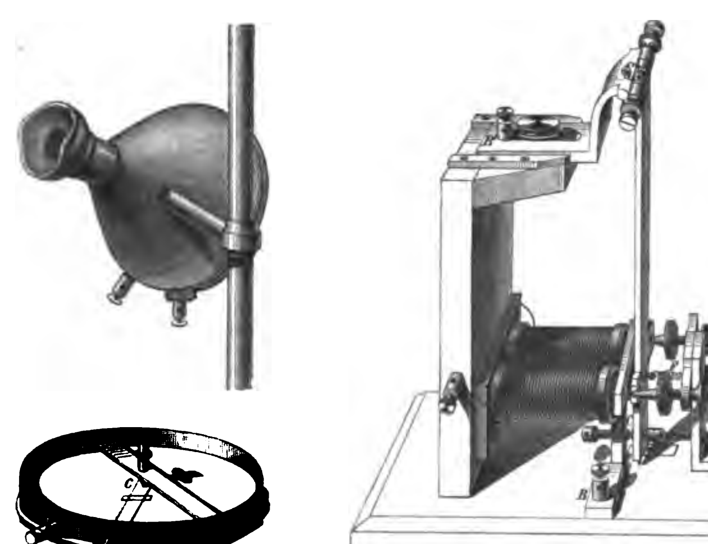


Fig. 225. Fig. 226.

dem Chronoskop und der zugehörigen Batterie so verbunden, dass der Uhrstrom durch den Contact *C* geleitet wird. Dieser Contact wird aber durch den an einem verticalen Hebel beweglichen Anker des Elektromagnetes so lange geschlossen gehalten, als ein zweiter Strom durch den Elektromagnet geht, und er wird dagegen beim Aufhören dieses Stroms sofort durch die Feder *F*, deren Stärke mittelst der Schraube *N* regulirt werden kann, geöffnet. Dieser auch für andere, ähnliche Zwecke brauchbare Hülfsapparat ist hier erforderlich, weil der Contact *c* des Schallschlüssels beim Vibriren der Membran immer nur auf Momente gelöst wird, während der Contact *C* des Hülfsapparats, sobald nur während einer sehr kurzen Zeit der Strom im Elektromagnete unterbrochen war, durch die Wirkung der Feder *F* dauernd gelöst bleibt. Man kann den Schallschlüssel entweder zur Auslösung des Reizes oder an Stelle des Reactionstasters zur Ausführung der Reactionsbewegung oder endlich zu beiden Zwecken

verwenden. Im ersten dieser Fälle reagirt der Beobachter auf den gehörten Schall in der gewöhnlichen Weise; im zweiten Fall reagirt er durch Sprechen in den Schallschlüssel auf vorher gegebene Sinnesreize, z. B. auf Wortbilder, die ihm am Spaltpendel dargeboten werden, durch Aussprechen der Worte; im dritten Fall wendet man zwei Schallschlüssel an, in deren einen der Experimentator z. B. ein beliebiges Wort hineinspricht, während der Reagent in den andern das nämliche Wort wiederholt. Die in diesen Fällen erforderlichen Modificationen der sonstigen Versuchseinrichtungen ergeben sich ohne Schwierigkeit. Im zweiten Fall ist die Anordnung mit der in Fig. 215 dargestellten im Princip übereinstimmend, im ersten und dritten hat man die Chronoskopströme so einzurichten, dass durch eine erste Stromunterbrechung das Zeigerwerk in Bewegung geräth, und durch eine zweite Stromunterbrechung wieder festgehalten wird. Dies geschieht am besten dadurch, dass man bei der zweiten Anordnung des Chronoskops den in demselben kreisenden Strom von Anfang an durch eine Nebenschließung von sehr kleinem Widerstand, in die der Schallschlüssel eingeschaltet ist, auf eine verschwindende Größe bringt. Wird dann durch das Sprechen in den Schallschlüssel diese Nebenschließung geöffnet, so geht der Strom in das Chronoskop und die Zeiger bewegen sich. Den Reactionstaster oder (im dritten Fall) den zweiten Schallschlüssel schaltet man in die Hauptleitung ein, so dass, sobald hier der Strom geöffnet wird, die Zeiger wieder in die Ruhestellung übergehen. Bei andern Sinneszeizen müssen je nach der gewählten Reizform in ähnlicher Weise wie hier die Versuchsanordnungen, namentlich durch die Einführung geeigneter Vorrichtungen zur Einwirkung der Reize, modificirt werden[1]).

Bei einer Reihe anderer Vorrichtungen, die außer dem Hipp'schen Chronoskop oder der ihm ähnlichen Apparate angewandt werden können, bedient man sich der graphischen Methode. Die Zeiten werden in der Form von Secundensignalen oder von Schwingungen einer Stimmgabel auf einen rotirenden Cylinder oder auf eine rotirende Scheibe aufgezeichnet, und ebenso geben bestimmte graphische Signale den Eintritt der zu messenden Ereignisse an. Diese chronographischen Vorrichtungen bieten vor dem Hipp'schen Chronoskop den Vortheil dar, dass sie auch für negative Zeiten brauchbar bleiben, d. h. für solche Fälle, in denen die Reaction vor dem äußeren Eindruck erfolgt, sowie für Versuche, bei denen es sich um die Registrirung von mehr als zwei Vorgängen, die mit einander in Verbindung stehen, handelt. Mehrfach ist zu diesen Zwecken das Ludwig'sche Kymographion angewandt worden, und in der That ist es in seinen neueren von dem Mechaniker Baltzar hergestellten Formen, in denen ihm eine so bedeutende Rotationsgeschwindigkeit gegeben werden kann, dass ebenfalls Zeiten bis zu $^{1}/_{1000}{}^{s}$ messbar sind, hierzu sehr geeignet[2]). Da es aber zunächst für graphische Versuche anderer Art bestimmt ist, so ist es doch den speciellen psychometrischen Zwecken nicht unmittelbar angepasst; auch ist für

---

1) Von den für specielle Zwecke angewandten Einrichtungen solcher Art seien hier erwähnt: der Apparat von G. Martius zur Erzeugung zu registrirender Klänge (Phil. Stud. VI, S. 402 ff.), der Apparat von R. Ewald für Hautreize (Otto Dumreicher, Zur Messung der Reactionszeiten. Diss. Straßburg 1889, S. 38 ff.), von Vintschgau's »Thermophor« für Temperaturreize (Pflüger's Archiv, XLIII, S. 152 ff.), desselben Apparate für Geschmacksreize (ebenda X, S. 2 ff.), endlich Moldenhauer's Vorrichtungen für Geruchsreize (Phil. Stud. I, S. 606 ff.).

2) Ueber die Verwendung desselben zu den Zeitsinnversuchen vgl. unten Nr. 3

die letzteren in einzelnen Fällen eine noch größere Geschwindigkeit wünschesnwerth. Diesen Forderungen entspricht der in Fig. 227 abgebildete Chrono-

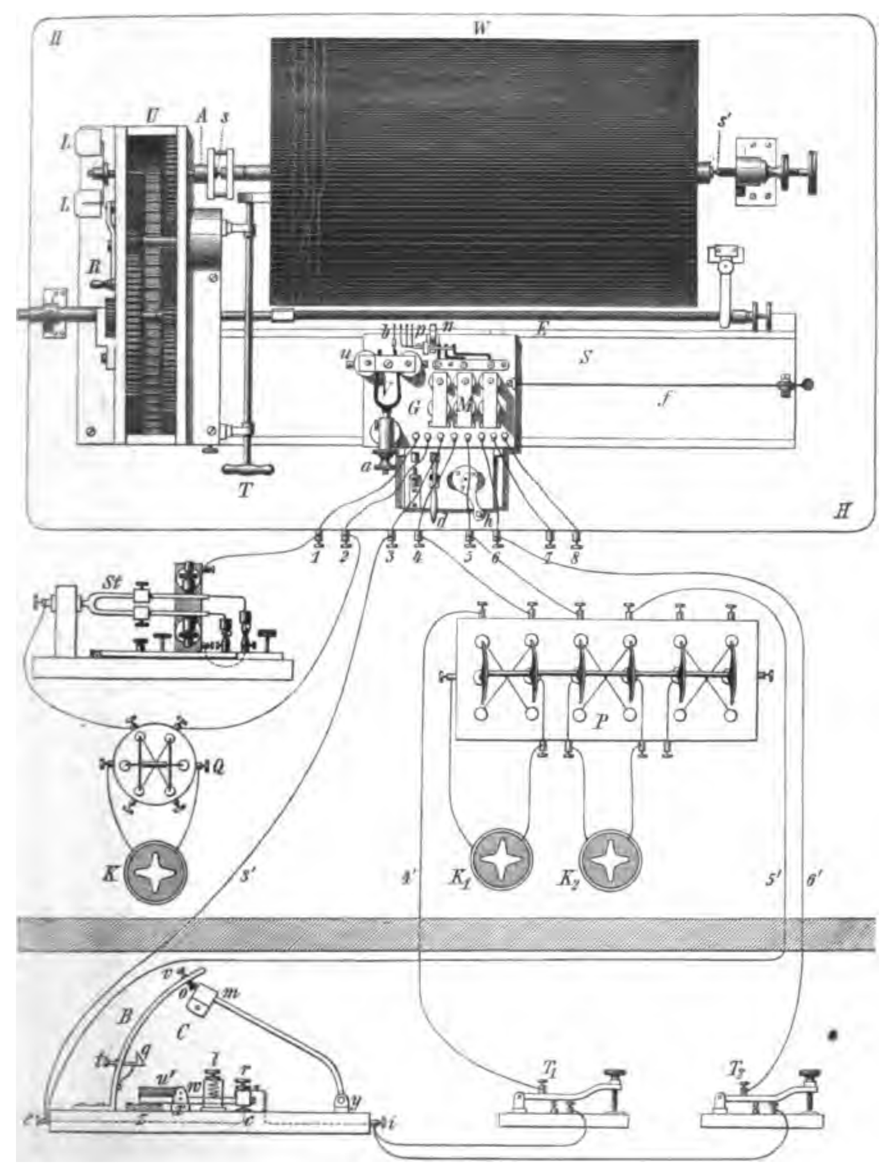


Fig. 227.

graph für die Messung sehr kleiner Zeiträume, der nach meinen Angaben von Herrn C. KRILLE angefertigt wurde. Derselbe besteht aus einem

auf der Horizontalplatte *HH* angebrachten Uhrwerk *U*, welches je nach der Stellung zweier damit verbundener Windflügel *LL* und der Größe des treibenden Gewichts in mehr oder weniger schnelle Umdrehung versetzt werden kann. Eine wagerechte Axe *A* dieses Räderwerkes trägt an ihrem einen (über das zugehörige Lager hervorragenden) Ende eine kegelförmige Spitze *s*, welcher innerhalb der Axenfortsetzung eine zweite mit Schraube und Gegenmutter scharf verstellbare Spitze *s'* gegenübersteht. Zwischen beide Spitzen lässt sich eine Schreibwalze *W* von 32 cm Länge und 62 cm Umfang einsetzen, welche an beiden Enden ihrer Axe mit entsprechenden conischen Vertiefungen versehen ist. Damit die Umdrehung der Radaxe *A* eine Umdrehung der Walze mit sich führt, trägt die erstere einen kurzen senkrechten Querbalken, der an seinen Enden mit zwei Löchern versehen ist, und die Walzenaxe einen ebensolchen Balken, welcher aber an Stelle der Löcher zwei entsprechende Stifte aufweist. Bei Einsetzung der Walze zwischen die Spitzen *s*, *s'* werden diese Stifte in die gegenüberstehenden Löcher des Radaxenquerbalkens eingesenkt, und dadurch eine feste Verbindung zwischen Radaxe und Walze hergestellt. Vermittelst der Hebel *R* und *T* kann das Uhrwerk in jedem Augenblick mehr oder weniger schnell arretirt werden. Der Schreibapparat des Chronographen besteht aus einer Stimmgabel *V*, welche möglichst genau auf 500 Doppelschwingungen in der Secunde abgestimmt und mit einer feinen Schreibborste *b* versehen ist, sowie aus drei Schreibspitzen *p*, welche mit den Ankern dreier Hufeisenelektromagnete *M* in Verbindung stehen. Dieser Schreibapparat steht auf einer Grundplatte *G*, welche auf dem Chronographengestell zweifach beweglich ist. Sie ruht nämlich auf einem Schlitten, der in einer Führung *S* genau parallel zur Walzenaxe verschoben werden kann. Auf diesem Schlitten lässt sich aber die Platte *G* in einer zweiten Führung senkrecht zur eigenen Bewegung des Schlittens etwas verschieben; in der einen Endlage dieser Verschiebung befindet sich der Schreibapparat in solcher Nähe bei der Walze, dass sowohl die Schreibborste der Stimmgabel als auch die elastischen Schreibspitzen an der berußten Papierfläche der Walze anliegen, während in der entgegengesetzten Endlage kein derartiger Contact stattfindet. Nun wird durch elastische Spiralfedern bewirkt, dass stets eine Tendenz zur ersten Endlage vorhanden ist, mit Hülfe einer besonderen Vorrichtung hingegen lässt sich jederzeit auch die zweite (contactlose) Endlage herstellen, so jedoch, dass ein Fingerdruck an dem Drücker *d* genügt, damit der Schreibapparat von Federkraft getrieben in die Schreiblage zurückschnellt. Sofort kann dann durch einen ebenso leicht auszuführenden Zug an dem Hebel *h* die contactlose Lage des Schreibapparates wieder hergestellt werden. Auf der Grundplatte *G* des Schreibapparates ist ferner gegen die Walze hin ein Fortsatz *n* aufgeschraubt, der auf seiner der letzteren zugewendeten Seite mit concaven Schraubengängen versehen ist. Wird der Schreibapparat in die Schreiblage gebracht, so tritt in demselben Augenblicke dieser Mutterfortsatz in Verbindung mit einer seinen Gängen entsprechenden, der Walzenaxe und Schlittenbewegung parallelliegenden Schraube ohne Ende *E*. Diese mit dem Uhrwerk zusammenhängende Schraube dreht sich, wenn das Werk in Bewegung ist, gleichzeitig mit der Schreibwalze um. Sie zieht dabei den Schlitten von links nach rechts in solcher Weise fort, dass Borste und Schreibspitzen auf der Walze vier parallel laufende Schraubenlinien aufzeichnen, deren Ganghöhe von der Breite der vier Curven nahezu ausgefüllt wird. Diese fortschreitende Bewegung des Schlittens hört aber sofort auf, wenn

die contactlose Lage des Schreibapparates hergestellt wird; denn nun greift auch der erwähnte Mutterfortsatz nicht mehr in die Schraube ohne Ende ein. Zur Verminderung der Reibung läuft der Schlitten in seiner Führung auf Rollen; die noch übrig bleibende Reibung wird durch den von links nach rechts gerichteten Zug compensirt, welchen ein über eine Rolle gelegter und am rechten Ende mit einem Gewichte beschwerter Faden *f* auf den Schlitten ausübt. Die elektromagnetische Bewegung der Schreibspitzen ist so eingerichtet, dass die Anziehung eines jeden Ankers vermittels Kniehebelübertragung eine nach rechts gerichtete Ausweichung der zugehörigen Schreibspitze zur Folge hat, und dass umgekehrt das Zurückschnellen des Ankers eine Wiederkehr der Spitze in ihre alte Lage mit sich führt. Dabei bleibt, so lange sich der Schreibapparat in der Schreiblage befindet, die Spitze während ihrer Bewegung beständig in Contact mit der berußten Walze. Auf dem Schreibbogen wird also der Moment jeder Ankerbewegung durch eine Abweichung der Spitzencurve von der geraden Linie registrirt, und es können auf diese Weise drei Zeitmomente, wie es die Figur zeigt, durch Abzählung an den Stimmgabelschwingungen leicht in Bezug auf ihr gegenseitiges Verhältniss bestimmt werden [1]. Die zeitregistrirende Stimmgabel wird auf elektromagnetischem Wege durch eine größere Stimmgabel *St* angeregt und in Schwingung erhalten. Die letztere ist in der von HELMHOLTZ [2] angegebenen Weise so eingerichtet, dass sie beim Durchgang durch ihre Ruhelage selbstthätig einen von der Kette *K* herrührenden Strom abwechselnd schließt und unterbricht; in den Kreis dieses Stromes ist ein Hufeisenelektromagnet *u* eingeschaltet, dessen verstellbare Schraubenpole den Armen der zu erregenden Schreibgabel von außen nahe stehen. Wird also die Gabel *St* durch Verstellung der daran angebrachten Laufgewichte in passender Weise abgestimmt, etwa eine Octave tiefer als die Schreibgabel, so erhält diese mit jedem Stromschluss, den die Gabel *St* hervorbringt, einen neuen Impuls, so dass sie ohne Unterbrechung zu tönen fortfährt. Zum Betrieb des Chronographen sind vier getrennte galvanische Stromkreise erforderlich: einer für die Stimmgabeln und die drei anderen für die drei Elektromagnete der Schreibspitzen. Für den Stimmgabelstrom dient eine Batterie von 18 constanten Kupferzinkelementen nach MEIDINGER, zu je sechs verbunden. Für jeden Schreibelektromagnet werden zwei Gruppen je dreier hinter einander verbundener ähnlicher Elemente verwendet.

Bei der Ausführung der chronographischen Versuche entstehen durch die niemals ganz zu vermeidende ungleiche Abreißungszeit der Anker der Schreibhebel von den Elektromagneten Zeitfehler, welche durch besondere Controlversuche bestimmt werden müssen. Zur Ausführung der letzteren dient der von L. LANGE construirte, in Fig. 227 *C* skizzirte Controlapparat. Um eine gemeinsame Horizontalaxe x sind drei massive Messinghebel w (wie die im Aufriss gezeichnete Figur einen solchen zeigt) unabhängig von einander drehbar. Bei r trägt jeder Hebel eine unten in einen Platinstift auslaufende (oben mit Gegenmutter festzustellende) Messingstellschraube, welche aber von dem Hebel durch ein Elfenbeinstück

---

[1] Es ist zweckmäßig hierzu nicht die wirklichen Ausbiegungspunkte der Schreibcurven zu benutzen, sondern diejenigen Punkte, welche dem Anprallen der Anker an ihre Wiederhalte entsprechen, weil die letzteren viel schärfer markirt sind. Durch die unten zu erwähnenden Controlversuche überzeugt man sich, dass hierdurch kein Fehler entsteht.

[2] HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen, 4. Aufl., S. 198, Fig. 33.

isolirt ist. Jeder der drei Platinastifte wird durch die Kraft einer verstellbaren Feder l auf eine Platinacontactplatte c niedergedrückt. Die drei gut von einander isolirten Platinacontactplatten stehen durch drei unter dem Grundbrett hinlaufende Kupferdrähte mit den Klemmschrauben e in leitender Verbindung, während von den Klemmen i Kupferdrähte zu den Schraubenmuttern der verschraubbaren Platinacontactstifte hinführen. Die Contacthebel werden ferner an ihren den Contacten entgegengesetzten Enden von einem starken ⊔-förmigen Eisenstücke u' überdeckt, welches um eine vertical über x befindliche Axe drehbar ist. Wird auf diesen U-Hebel ein Druck ausgeübt, so drückt er seinerseits die unter ihm liegenden Contacthebelenden nieder und löst also die drei Contacte. Nun lässt sich mit Hülfe der Stellschrauben r die Stellung der Platinacontactstifte dermaßen reguliren, dass alle drei Contacte bei genau derselben Lage des U-Hebels gelöst werden. Lässt man jetzt den um y drehbaren Fallhammer m mit seinem Kopfe aus 10 cm Höhe auf den U-Hebel herabfallen, so hat der Kopf im Moment des Auftreffens über ein Meter Endgeschwindigkeit in der Secunde, und er theilt diese Geschwindigkeit dem U-Hebel mit. Unmittelbar nach Lösung der Contacte springt die federnde Nase q (welche an dem Knopf t zurückgezogen werden kann) über die obere Fläche des Hammerkopfs vor und hindert diesen so am Zurückprallen. Unsere Figur stellt den Hammer in seiner erhobenen Lage dar; in dieser wird er dadurch erhalten, dass ein federnder Sperrstift o durch ein Loch des Messingbogens B in eine entsprechende Vertiefung des Hammerkopfes eingreift. Zieht man an dem Knopf v, so fällt der Hammer auf den U-Hebel. Um die Wucht des Aufprallens zu mildern, ist an der unteren Fläche des Hammerkopfs eine Gummiplatte und unter den Contacthebelenden eine Filzplatte z angebracht. Dieser Controlapparat wird nun so angewandt, dass mit Hülfe der Klemmschrauben e und i seine Contacte in die Schreibstromkreise eingeschaltet werden. Während der psychologischen Versuche bleibt der Hammer in seiner erhobenen Lage, die Ströme gehen also ungehindert durch die Contacte hindurch. Zum Zwecke der Controlversuche dagegen werden die sämmtlichen übrigen Contactstellen der Stromkreise (z. B. bei T_2, T_1) geschlossen gehalten, so dass sie von den Strömen passirt werden können. Jetzt lässt man den Hammer fallen und registrirt auf der Chronographenwalze die erfolgenden Contactlösungen. Man erhält im Allgemeinen eine Zeitdifferenz zwischen den Ausbiegungspunkten der Schreibcurven, obwohl die entsprechenden Stromunterbrechungen gleichzeitig stattgefunden haben. Diese »scheinbare« Zeitdifferenz, berechnet als Mittel aus mehreren Versuchen, ist dann bei den psychologischen Reactionsversuchen nur in Verrechnung zu bringen, um fehlerfreie Resultate zu erhalten.

Um die Anwendung des Chronographen zu erläutern, möge als Beispiel folgende Aufgabe gewählt werden. Auf einen momentanen Schalleindruck [illegible] man durch mehrere Bewegungen zugleich reagiren; es erhebt sich nun die Frage, welches die Zeitfolge zweier solcher in Reaction auf den nämlichen Sinneseindruck ausgeführter Bewegungen, z. B. der rechten und linken Hand ist. [illegible] Fig. 227 veranschaulicht die zur Beantwortung dieser Frage getroffenen Einrichtungen. Nachdem zwei Taster T_1, T_2 in einem separaten Zimmer aufgestellt sind, wird jeder durch Zuleitungsdrähte $3', 4'$ und $5', 6'$ in den Stromkreis eines Schreibelektromagnetes eingeschaltet (der dritte Schreibhebel kommt [illegible] dem gewählten Beispiel nicht zur Anwendung). Der Reagent hält nun während jeder Versuchsreihe die beiden Taster beständig so lange geschlossen, [illegible]

vom Chronographenzimmer aus einen Schallreiz erhält, auf welchen er reagiren soll. Der Experimentator seinerseits setzt vor Beginn jeder Versuchsreihe das Uhrwerk des Chronographen in Gang, bringt durch Stromschluss die Schreibgabel zum Tönen und legt, sobald er einen Versuch machen will, die (für gewöhnlich eine contactlose Mittellage einnehmende) Wippe P nach irgend einer Seite um (das nächste Mal nach der entgegengesetzten). Da der Reagent im andern Zimmer die Taster T_1, T_2 geschlossen hält, so werden die Anker der beiden Elektromagnete augenblicklich niedergezogen, und beide Schreibspitzen weichen nach rechts aus. Sofort nach Umlegung des Stromwenders sendet der Experimentator mit einem nahe seiner linken Hand angebrachten Glockendrücker erst einen als vorbereitendes Signal dienenden und eine Secunde später einen zweiten Glockenschlag ins andere Zimmer. Bei dem zweiten Schlag drückt die rechte Hand den Druckhebel d des Schreibapparates nieder; der letztere kommt also in die Schreiblage und zwar noch frühe genug, dass das den Schlüsselöffnungen des Reagenten entsprechende Emporschnellen der Elektromagnetanker registrirt wird. Sobald der Experimentator das Emporschnellen der Anker wahrnimmt, zieht er augenblicklich an dem Excentrikhebel h den Schreibapparat in die contactlose Lage zurück. Geschieht dies hinreichend rasch, so lassen sich leicht etwa 22 Versuche auf einem Bogen registriren. Am Anfang und Ende einer solchen Versuchsreihe führt man dann in der oben angegebenen Weise je einen Controlversuch zur Bestimmung des Zeitfehlers aus. Directe Prüfungen ergeben den wahrscheinlichen Fehler des einzelnen Versuchsresultates bei der Anwendung dieses Apparates zu $\pm 0{,}11^\sigma$, den wahrscheinlichen Fehler des arithmetischen Mittels zu $\pm 0{,}03^\sigma$. Die Feinheit und Genauigkeit ist also hier eine reichlich zehnmal so große als bei dem Hipp'schen Chronoskop[1]).

Wegen dieser Genauigkeit seiner Zeitangaben ist der Chronograph, abgesehen von seiner directen Verwendung zu psychologisch-chronometrischen Zwecken, ein sehr nützliches Hülfsmittel zur Controle aller anderen zeitmessenden Apparate, also namentlich des Chronoskops, bez. des zunächst zur Berichtigung der Chronoskopzeiten angewandten Controlhammers (Fig. 221). Da nun der Chronograph Zeitmarken erfordert, die einer Oeffnung des in einem der Elektromagnete M kreisenden Stromes entsprechen, so muss hierbei auch der Controlhammer so angewandt werden, dass er zuerst in einem der oberen Contactapparate C_1, C_2 einen ersten und dann in einem der unteren Contactapparate C_3, C_4 (Fig. 221) einen zweiten Elektromagnetstrom öffnet. Um die so bestimmte Zeit genau identisch zu machen mit der bei der Controle des Chronoskops gemessenen, die entweder von Schließung zu Oeffnung oder von Oeffnung zu Schließung geht, ist der in Fig. 223 abgebildete Contactapparat C_2, C_4, der bei der Chronoskopcontrole als Stromschließer dient, wie schon oben (S. 333) bemerkt, so eingerichtet, dass er zugleich als Stromöffner verwendet werden kann, und zwar ist er so construirt, dass, abgesehen von der verschwindenden Zeit, die vom Beginn der Bewegung des Hebels l bis zur Herstellung

1) Vgl. hierzu die nähere Beschreibung des Apparates sowie des zugehörigen Controlapparates von L. Lange, Phil. Stud., IV, S. 457. Andere Vorrichtungen für die Registrirversuche sind beschrieben von Hankel, Poggendorff's Annalen, CXXXII, S. 134. Donders, Archiv f. Anatomie u. Physiologie, 1868, S. 655. Exner, Pflüger's Archiv, VII, S. 659. v. Kries und Auerbach, du Bois-Reymond's Archiv, 1877, S. 302. R. Ewald Dumreicher, Zur Messung der Reactionszeit. Straßburg 1889, S. 32).

des Contactes pq verfließt, bei einer gegebenen Stellung des Apparates Oeffnung und Schließung genau im selben Moment erfolgen. Um die bei der Controle des Chronoskops gewonnenen Fallzeiten des Controlhammers am Chronographen zu messen, verwendet man demnach den nämlichen Contactapparat, der bei der Messung der Chronoskopzeit als Stromschließer gedient hat, in genau der nämlichen Stellung als Stromöffner, während natürlich die Function des im ersten Fall gebrauchten Stromöffners unverändert bleibt.

2. Veränderungen des einfachen Reactionsvorganges durch äußere und innere Einflüsse.

Unter dem Einfluss verschiedener Bedingungen kann der oben in seinem allgemeinen Verhalten geschilderte einfache Reactionsvorgang Veränderungen seines Verlaufes erfahren, welche in Veränderungen seiner Dauer ihren nächsten Ausdruck finden. Um solche Einflüsse in ihrer Wirkungsweise zu erkennen, ist es selbstverständlich erforderlich, dass alle anderen nicht beabsichtigten Einwirkungen verändernder Art ferne gehalten werden. Es ist aber außerdem unerlässlich, dass von der normalen mittleren Reaction der Versuchsperson als einer bekannten Größe ausgegangen werden könne. Dazu ist vor allem nöthig, dass die Reactionszeiten durch zureichende Uebung eine constante mittlere Dauer angenommen haben; künftighin wird außerdem gefordert werden müssen, dass auch die beiden früher geschilderten Reactionsformen, die vollständige und die verkürzte, vollkommen sicher auseinandergehalten werden können. Dies vorausgesetzt kann nun der oben für eine mittlere Intensität einfacher Sinnesreize festgestellte Reactionsvorgang durch zweierlei Einflüsse Veränderungen erfahren: erstens durch Veränderung der Eindrücke, auf die reagirt wird, und zweitens durch verändernde Bedingungen, denen das reagirende Bewusstsein unterworfen wird. Wir bezeichnen diese beiden Arten verändernder Einwirkung kurz als äußere und innere Einflüsse, wobei übrigens selbstverständlich nicht ausgeschlossen ist, dass man sich ebenfalls äußerer Einwirkungen bedient, um die inneren Veränderungen hervorzubringen.

Da wir es hier nur mit der Reaction auf einfache Sinneseindrücke zu thun haben, so bleiben Veränderungen der Qualität und der Intensität der Reize als die einzig möglichen äußeren Einflüsse von verändernder Wirkung übrig. Unter diesen Einflüssen ist nun derjenige der Qualität in seiner allgemeinsten Richtung, insoweit nämlich als die Qualitäten der verschiedenen Sinne in Frage kommen, schon erwähnt worden. Es hat sich hierbei gezeigt, dass die für die einzelnen Sinne gefundenen Werthe zu einem großen Theil jedenfalls nicht in psychophysischen, sondern in rein physiologischen Bedingungen ihren Grund

haben. Ebenso müssen auf die letzteren ohne Zweifel die zum Theil sehr erheblichen Unterschiede zurückgeführt werden, die man zwischen verschiedenen Geruchs- und Geschmacksstoffen auffand. Von den übrigen Sinnen ist bis jetzt bloß der Gehörssinn, und zwar in Bezug auf die Reactionsdauer bei der Einwirkung von Klängen verschiedener Tonhöhe, näher untersucht worden. Hier fand G. Martius durchgehends bei Klängen eine etwas längere Reactionszeit als bei momentanen Geräuschen, ein Unterschied, der übrigens nicht sowohl von der Qualität als von der verschiedenen Dauer herrühren dürfte, da wahrscheinlich auf allen Sinnesgebieten ein momentaner Reiz eine raschere Reaction zur Folge hat als ein dauernder. Bei Klängen von 33—2112 Doppelschwingungen in der Sec. nahm die Reactionszeit mit wachsender Tonhöhe ab, ohne dass jedoch eine regelmäßigere Beziehung zwischen Schwingungsgeschwindigkeit und Reactionszeit zu erkennen war. Dies zeigt die folgende Zusammenstellung der an drei Beobachtern (I—III) gewonnenen Ergebnisse[1].

Beobachter	Schwingungszahl				Geräusch
	33	264	1048	2112	
I	165,6	145,0	139,4	131,5	109,1
II	155,3	138,3	125,4	121,1	117,3
III	146,9	139,3	189,7	107 6	109,2

Bei den Farben brauchen, wie anderweitige Untersuchungen lehren, die verschiedenen Theile des Spektrums eine verschiedene Zeit, um das Maximum der Erregung in der Netzhaut hervorzubringen (vgl. Bd. I S. 516 f.). Doch sind die hier in Betracht kommenden Zeitunterschiede im Verhältniss zur Dauer der Reactionszeit zu klein, um auf diese einen Einfluss ausüben zu können, auch konnte G. O. Berger sichere Unterschiede in der Reactionszeit der Farben nicht nachweisen[2].

Anders verhält es sich mit dem Einfluss der Intensität der Eindrücke. Bei der Reizschwelle zeigt die Reactionszeit ein Maximum, während zugleich die Abweichungen der Einzelbeobachtungen erheblich vergrößert sind. So fand ich für Schall-, Licht- und Tasteindruck folgende Werthe aus je 24 Einzelversuchen:

Reizschwelle:	Mittel	Mittlere Variation
Schall.	337	50
Licht	331	57
Tastempfindung . . .	327	32

Diese Zahlen scheinen anzudeuten, dass die Unterschiede der ver-

1) Martius, Phil. Stud. VI, S. 394 ff.
2) G. O. Berger, Phil. Stud. III, S. 80 ff.

schiedenen Sinne in der Nähe der Reizschwelle verschwinden[1]). Bei den schwächsten Reizen ist es kaum möglich, anders als sensoriell zu reagiren, weil hierbei stets die Spannung der Aufmerksamkeit auf den Sinneseindruck gerichtet sein muss. Dem entspricht es, dass hier auch solche Beobachter, die sonst sich der verkürzten Reactionsweise bedienten, ähnlich hohe Werthe erhielten[2]). Von der Reizschwelle an nimmt aber bei wachsender Reizstärke die Reactionszeit sehr rasch ab, um dann bei weiterer Zunahme des Eindrucks entweder ganz oder annähernd constant zu bleiben. Dies erhellt aus den von G. O. Berger für Licht-, Schall- und Hautreize und von G. Martius für Klänge und Geräusche erhaltenen Werthen, unter denen aber nur die Lichtreactionen bis nahe an die Reizschwelle heranreichen.

I. Lichtreactionen (G. O. Berger)[3]).

Licht-Intensität	I (1) (Schwelle)	II (7)	III (23)	IV (123)	V (315)	VI (1000)	VII	VIII
Reactionszeit	338	265	238	230	222	225	207	198
Mittlere Variation	26	18	16	15	15	17	18	16

II. Schallreactionen (G. Martius)[4]).

	C	c^2	c^4	Geräusch
Stark	138,3	125,1	120,5	122,4
Schwach	138,5	125,1	117,8	116,9

1) Bei dem Lichteindruck war die Verzögerung durch Adaptation ausgeschlossen, da als Reiz ein schwacher elektrischer Funke bei Tagesbeleuchtung diente.

2) So Berger und Cattell, vergl. Berger, Phil. Stud. III, S. 63.

3) Als Lichtquelle diente eine aus einem Gemisch von Schwefelcalcium und Schwefelstrontium hergestellte Puluj'sche Röhre, welche bei Durchleitung des Inductionsstroms ein nahezu vollkommen weißes Licht gab. Die Stufe VI entspricht der vollen Intensität dieser Lichtquelle, die Stufen I—V wurden durch verdunkelnde graue Gläser, VII und VIII durch Concentrirung des Lichts mit Hülfe von Sammellinsen erhalten. Die photometrischen Werthe der verdunkelnden Gläser, bezogen auf die Intensität VI = 1000, sind in Klammern beigefügt. Die Zahlen sind Mittelwerthe aus je 150 Versuchen. Da die Erleuchtung im Dunkeln vorgenommen wurde, so ist ein positiver Adaptationsfehler anzunehmen, der aber wahrscheinlich im Verhältniss zur Reactionszeit sehr klein ist.

4) G. Martius, Phil. Stud. VII, S. 469 ff. Etwas schwankender und mit der Reizstärke etwas abnehmende Werthe erhielt G. O. Berger (Phil. Stud. III, S. 85). Die von G. Martius angegebenen mittleren Variationen sind zum Theil auffallend klein, was auf die zu kleine Zahl der Beobachtungen zurückzuführen ist (vgl. oben S. 311 Anm. 1).

III. Elektrischer Hautreiz (G. O. Berger)[1].

Intensitätsstufe	I	II	III	IV
Reactionszeit	212	193	188	190
Mittlere Variation	17	14	12	11

Nur bei sehr starken, der Reizhöhe nahe liegenden Eindrücken tritt, wie ich beobachtete, wieder eine Abweichung von der Constanz der Reactionsdauer ein, indem bei solchen, namentlich wenn in der sensoriellen Form reagirt wird, abermals eine unter Umständen erhebliche Verlängerung erfolgt[2]. Diese Erscheinung ist offenbar ein an den Affect des Erschreckens und die von ihm ausgehende Störung der Coordination der Bewegungen gebundenes Hemmungsphänomen. Es ist möglich, dass dasselbe bei der muskulären Reactionsform, namentlich wenn sie ganz den Typus eines Gehirnreflexes angenommen hat, ausbleibt. Hieraus erklärt es sich vielleicht, dass Exner, der sich offenbar durchweg der verkürzten Reactionsform bediente, dieses Phänomen nicht beobachten konnte[3]. Bei der sensoriellen Reaction geht der Affect des Schrecks der Reaction voraus, so dass er den Eintritt derselben verzögert; bei der muskulären folgt er wahrscheinlich erst der Auslösung des motorischen Impulses nach, so dass er auf diesen keinen Einfluss mehr ausüben kann. Die erörterte zwischen den Grenzen des Minimal- und Maximalreizes bestehende durchschnittliche Constanz der Reactionszeit zeigt deutlich, dass diese wesentlich von psychophysischen mit der Aufmerksamkeit im Zusammenhang stehenden Vorgängen abhängig ist, und dass auf sie die Leitungsverhältnisse in den Nervenfasern, die, wie die Untersuchung der Leitungsgeschwindigkeit zeigt, keineswegs unabhängig von der Reizstärke sind, keinen merklichen Einfluss besitzen. Dagegen steht es mit den sonstigen Eigenschaften der Aufmerksamkeit durchaus im Einklang, dass, sobald ein Eindruck nur einmal eine für die Apperception günstige Stärke erreicht hat, die weitere Verstärkung keine weitere Beschleunigung seiner Auffassung herbeiführt. Im Grunde ist dies Verhalten nur eine Folge der früher (S. 271 ff.) erörterten Thatsache, dass innerhalb gewisser Grenzen schwächere und stärkere Eindrücke gleich klar und deutlich appercipirt werden können. Ebenso erklärt sich aus der Voraussetzung, dass die sensorielle Reactionszeit ihrem wesentlichsten Theile nach Apperceptionszeit ist, ohne weiteres die plötzliche Verlängerung bei Minimalreizen einerseits und bei Maximalreizen anderseits; dort wird mit Anstrengung der Eindruck über die Aufmerksamkeits-

1) Berger, Phil. Stud. III, S. 64.
2) Vergl. auch Martius, Phil. Stud. VII, S. 482.
3) Exner, Pflüger's Archiv, VII, S. 619.

schwelle gehoben, hier trifft er einen ihm nicht adaptirten Zustand der Aufmerksamkeit an und bewirkt wahrscheinlich außerdem noch secundäre, in dem begleitenden Affect ihren Ausdruck findende Störungen.

Von größerer Mannigfaltigkeit als die Veränderungen der Reaction durch äußere sind diejenigen durch innere, den Zustand des Bewusstseins verändernde Einflüsse, in welches Gebiet die zuletzt berichteten Erscheinungen selbst schon hineingehören. Die stärksten Reize haben auch dann, wenn sie erwartet werden, zumeist eine erschreckende Wirkung, weil die vorbereitende Spannung der Apperception nicht zureicht, dem Reiz sich anzupassen, und daher ein solcher Reiz stets stärker empfunden wird, als er erwartet wurde. Unerwartete Eindrücke können nun aber selbst dann, wenn sie von mäßiger, ja von sehr geringer Stärke sind, eine dem Schreck verwandte Wirkung hervorbringen; auch befindet sich der Reagirende von vornherein, wenn er auf einen Eindruck wartet, dessen Eintrittszeit völlig unbestimmt ist, in einem Zustand, welcher den Eintritt des Schrecks begünstigt. Auch wenn dieser hemmende Affect ausbleibt, muss aber bei unerwarteten Eindrücken die Reactionszeit aus zwei Gründen verlängert erscheinen: erstens weil unter diesen Verhältnissen der Reactionsvorgang immer ein sensorieller ist, daher auch subjectiv die Apperception des Eindrucks der Reactionsbewegung deutlich vorausgeht, und zweitens weil selbst dieser vollständige Reactionsvorgang in diesem Fall durch den Mangel einer angemessenen vorbereitenden Spannung der Aufmerksamkeit verzögert wird. So fand G. Dwelshauwers in Versuchen, bei denen einem Schallreiz bald in constanter Zeit ein Signal voranging bald nicht, durchschnittlich folgende Werthe der sensoriellen und der muskulären Reaction.

	I Sensorielle R.	II Muskuläre R.
Ohne Signal	305	188
Mit Signal	279	136
Differenz	26	52

Die größere Differenz bei der muskulären Reaction rührt offenbar davon her, dass der Uebergang derselben in eine reflexartige Bewegung nur möglich ist, wenn ein Signal in fest bestimmter Zeit vorangeht. Uebrigens sind bei beiden Reactionsformen die Schwankungen der Zeiten viel größer, die mittleren Variationen also bedeutender, wenn der Eindruck nicht vorher signalisirt wird. Dies erklärt sich aus der früher (S. 295 ff.) hervorgehobenen Thatsache, dass es unmöglich ist, die Aufmerksamkeit während einer längeren Zeit in gleichem Grade gespannt zu erhalten. Geht ein Signal in fest bestimmter Zeit voraus, so ist man im Stande

das Spannungsmaximum einer Schwankungsperiode mit dem Moment des Eindrucks zusammenfallen zu lassen, während, wenn der Reiz unsignalisirt eintritt, er abwechselnd mit den verschiedensten Momenten einer Schwankungsperiode zusammentreffen kann. Dem entspricht es, dass auch die Größe eines constant erhaltenen Intervalls auf die Schnelligkeit und Gleichmäßigkeit der Reactionen von einem gewissen, wenn auch weit geringeren Einflusse ist. So fand Dwelshauwers, der bei den drei Intervallen von $1\frac{1}{2}$, 3 und 6 Sec. zahlreiche Versuche an mehreren Beobachtern ausführte, dass durchweg das Intervall von $1\frac{1}{2}$ Sec. unter diesen das günstigste war. Ueberhaupt aber scheint, wie auch aus andern Beobachtungen hervorgeht, die Reaction am regelmäßigsten zu erfolgen, wenn das erwähnte Intervall zwischen 1 und 2 Sec. beträgt. Ist die Zeit kürzer, so kann eine hinreichende Spannung der Aufmerksamkeit nicht eintreten, ist sie länger, so machen sich die oben bemerkten Schwankungen derselben geltend. Für den Einfluss der letzteren ist es bezeichnend, dass, sobald die Eindrücke unsignalisirt erfolgen, das größere oder geringere Streben, die Aufmerksamkeit zu spannen, zwar auf die Dauer, nicht aber auf die Regelmäßigkeit der Reaction von Einfluss ist, so dass in diesem Fall die mittleren Variationen im unaufmerksamen Zustande nicht größer sind, als wenn versucht wird, fortwährend die Aufmerksamkeit zu spannen[1]). Die hier erwähnten Einflüsse der Spannung der Aufmerksamkeit auf die Dauer und die Constanz der Reaction vermag der Reagirende durch Selbstbeobachtung im allgemeinen leicht wahrzunehmen, und nach solchen Wahrnehmungen bildet sich in ihm eine Vorstellung über das Verhältniss der Zeit des Eindrucks zur Zeit der Reactionsbewegung. Man ist, wie schon Exner[2]) bemerkte, in der Regel wohl im Stande zu sagen, ob man im einzelnen Fall gut oder schlecht reagirt habe, d. h. ob die Bewegung dem Reize mit der gehörigen Schnelligkeit und Regelmäßigkeit gefolgt sei oder nicht. Doch können in dieser Beziehung, wie Martius[3]) und Dwelshauwers fanden, auch bedeutende Täuschungen mit unterlaufen, namentlich scheint letzteres im Zustande der Unaufmerksamkeit und beim Mangel vorangehender Signale der Fall zu sein, was darauf schließen lässt, dass jenes Urtheil nicht sowohl von dem objectiven Verhältniss von Eindruck und Bewegung, als von der Coincidenz oder Nichtcoincidenz der Aufmerksamkeitsspannung mit dem Eindruck herrührt.

Sobald der Reactionsvorgang ein extrem muskulärer geworden ist, können sich nun noch zwei weitere Erscheinungen mit demselben verbinden, welche deshalb von Bedeutung sind, weil sie auf die Natur der

1) Dwelshauwers, Phil. Stud. VI, S. 217 ff.
2) Exner, Pflüger's Archiv VII, S. 613.
3) Martius, Phil. Stud. VI, S. 199 ff.

muskulären Reaction ein gewisses Licht werfen. Die erste dieser schon oben (S. 309) kurz erwähnten Erscheinungen ist die der Fehlreactionen, die zweite die der vorzeitigen Reactionen. Fehlreactionen sind solche, die auf einen andern als den zu registrirenden Eindruck erfolgen. Hat die muskuläre Spannung ihren höchsten Grad erreicht, so kann sie durch jede Erregung irgend welcher Art ausgelöst werden: statt auf einen bestimmten Schall wird z. B. auf irgend einen andern gleichgültigen Schall, oder statt auf Licht wird auf einen zufälligen Schalleindruck reagirt, u. s. w. Solche Fehlreactionen kommen nur bei extrem muskulärer Reaction vor. Sie können als sicheres Anzeichen dafür betrachtet werden, dass der Reiz nicht vor sondern erst nach erfolgtem Bewegungsimpuls appercipirt wird. Dieser Impuls selbst wird daher als ein Gehirnreflex aufgefasst werden können, bei dem die eintretenden Bewusstseinsvorgänge auf den Zeitverlauf des Vorganges selbst ohne Einfluss sind. Bei sensorieller Reactionsweise sind Fehlreactionen nicht möglich, weil bei jener die Aufmerksamkeit stets nicht nur einem bestimmten Sinnesgebiet sondern auch einer bestimmten Qualität des Eindrucks zugewandt ist. Andere Eindrücke können hier eine Störung hervorbringen, welche etwa die Reaction auf den eigentlichen Reiz, wenn er rasch darauf folgt, verzögert (s. unten); niemals aber bewirkt diese Störung selbst die Auslösung eines Bewegungsimpulses. Vorzeitige Reactionen sind solche, die nicht auf einen anderen Reiz, gleichwohl aber entweder früher als der erwartete Eindruck oder gleichzeitig mit ihm oder so schnell nach ihm erfolgen, dass sie unmöglich in dem Eindruck selbst ihre Ursache haben können. Sie sind, während Fehlreactionen sowohl bei vorher signalisirten wie nicht signalisirten Eindrücken vorkommen können, nur dann möglich, wenn dem Eindruck ein Signal in einer constanten nicht zu kurzen Zeit vorangeht. Bei extrem muskulärer Reactionsweise stellt sich leicht die Gewohnheit ein, dass man unbewusst nicht auf den Eindruck, sondern auf das Maximum der Aufmerksamkeitsspannung, mit dem sich wohl in der Regel auch das Erinnerungsbild des Eindrucks verbindet, reagirt. Man erhält so Reactionen, welche um den Werth Null auf- und abschwanken, und welche augenscheinlich nicht die wirkliche Reaction, sondern eher die Schwankungen unseres Zeitbewusstseins in Bezug auf die zwischen Signal und Eindruck verfließende Zwischenzeit messen. Auch vorzeitige Reactionen sind nur bei muskulärer Reaction möglich, da nur bei ihr die Reactionsbewegung so vorbereitet ist, dass sie durch die maximale Spannung der Aufmerksamkeit selbst ausgelöst werden kann. Wo solche Reactionen vorkommen, wie dies in älteren Versuchen nicht selten der Fall war[1]

---

1) Vgl. v. Kries und Auerbach, Archiv f. Physiologie, 1877, S. 306.



da kann man daher ziemlich sicher sein, dass sich die Beobachter der muskulären Reaction bedienten. Durch Einübung lassen sich sowohl die Fehl- wie die vorzeitigen Reactionen vollständig vermeiden, und selbstverständlich können die wahren Werthe auch der muskulären Reaction erst erhalten werden, wenn das Vorkommen vorzeitiger Reactionen ausgeschlossen ist.

Im Gegensatze zu dem erleichternden Einfluss, welchen die durch ein vorausgehendes Signal hervorgebrachte Anspannung der Aufmerksamkeit ausübt, stehen die Verzögerungen des Reactionsvorganges, welche in Folge irgend welcher Ablenkungen der Aufmerksamkeit eintreten. Solche Ablenkungen können natürlich unabsichtlich stattfinden, und wenn bei der Ausführung der Versuche auf sie keine zureichende Rücksicht genommen wird, so sind sie es wohl hauptsächlich, welche die größeren Schwankungen verursachen. Führt man aber die Ablenkungen willkürlich herbei, um ihre Wirkung festzustellen, so ergibt sich das bemerkenswerthe Resultat, dass alle äußeren Einflüsse, welche die Aufmerksamkeit ablenken, nur die sensorielle Reaction beeinträchtigen, dass sie aber auf die muskuläre keinen nachweisbaren Einfluss zu haben scheinen. Dies schließe ich aus der Vergleichung meiner eigenen Versuche, in denen ich sensoriell reagirte, mit denen CATTELL's, der sich offenbar der muskulären Reactionsweise bediente.

Die einfachste Form der Verzögerung lässt sich hervorbringen, wenn man die Spannung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Intensität oder Qualität des Eindrucks unmöglich macht, indem man fortwährend in unbestimmter Weise zwischen der Reaction auf verschiedene Eindrücke wechseln lässt. Führte ich z. B. Schallversuche in solcher Weise aus, dass starke und schwache Reize sich unregelmäßig folgten, so dass der Reagent niemals eine bestimmte Schallstärke sicher erwarten konnte, so wurde die Reactionszeit vergrößert, während gleichzeitig die mittlere Variation zunahm. Ich stelle beispielsweise zwei in wenig verschiedener Zeit ausgeführte Versuchsreihen mit regelmäßigem und mit unregelmäßigem Wechsel der Eindrücke zusammen.

	Mittel	Mittlere Var.	Zahl der Versuche
	I. Regelmäßiger Wechsel.		
Starker Schall	116	10	18
Schwacher Schall	127	12	9
	II. Unregelmäßiger Wechsel.		
Starker Schall	189	38	9
Schwacher Schall	298	76	15

Wahrscheinlich wird in diesem Fall der Unterschied dadurch ver-

iren Rea
. 309) k
ite die
die au
musk
de F
ten
der

kann. Man

wohl das die

Spannungsgefühl fortwährend zwischen den einzelnen Sinnen hin- und herwandert.

Verwickelungen anderer Art entstehen, wenn man zwar nur einen einzigen, in seiner Qualität und Stärke zuvor bekannten Eindruck registriren, daneben aber andere Reize einwirken lässt, welche die Spannung der Aufmerksamkeit erschweren. Hierbei wird die sensorielle Reactionszeit mehr oder weniger beträchtlich verlängert. Der einfachste dieser Fälle ist vorhanden, wenn ein momentaner Eindruck registrirt wird, während ein dauernder Sinnesreiz von bedeutender Stärke einwirkt. Dieser dauernde Reiz kann entweder dem nämlichen oder einem andern Sinnesgebiet angehören. Bei der Störung durch gleichartige Eindrücke kann nun die Verlängerung sowohl durch die Ablenkung der Aufmerksamkeit als auch dadurch herbeigeführt werden, dass der Eindruck in Folge des begleitenden Reizes nur noch einen geringen Empfindungsunterschied hervorbringt und also der Unterschiedsschwelle nahe gerückt ist. In der That kommen wohl beide Momente in Betracht. Man findet nämlich, dass bei Eindrücken von geringerer Intensität die Reactionszeit durch den begleitenden Reiz mehr verlängert wird, als bei stärkeren Reizen. Ich führte Versuche aus, in denen der Haupteindruck in einem Glockenschlag bestand, der durch eine den Hammer spannende Feder in seiner Stärke beträchtlich abgestuft werden konnte. In je einer Versuchsreihe wurde dieser Schall in der gewöhnlichen Weise registrirt, in der andern wurde während der ganzen Versuchszeit ein dauerndes Geräusch hervorgebracht, indem ein mit dem Uhrwerk des Zeitmessungsapparates in Verbindung stehendes Zahnrad sich an einer Metallfeder vorbeibewegte. In der Versuchsreihe *A* war der Glockenschlag mäßig stark, so dass er durch das begleitende Geräusch sehr vermindert, aber noch nicht völlig zur Schwelle herabgedrückt war; in *B* war der Schall sehr stark, so dass er auch neben dem Geräusch vollkommen deutlich wahrgenommen wurde.

		Mittel	Maximum	Minimum	Zahl d. Vers.
A Mäßiger Schall	Ohne Nebengeräusch	189	244	156	21
	Mit Nebengeräusch	313	499	183	16
B Starker Schall	Ohne Nebengeräusch	158	206	133	20
	Mit Nebengeräusch	203	295	140	19

Da bei diesen Versuchen der Schall *B* neben dem Geräusch immer noch merklich stärker empfunden wurde als der Schall *A* ohne dasselbe, so muss man wohl hierin einen directen Einfluss des begleitenden Geräusches auf den Vorgang der Reaction erkennen. Dieser Einfluss kommt nun aber erst rein zur Geltung, wenn der dauernde Reiz und der momentane Eindruck disparaten Sinnesgebieten angehören. Ich wählte zu solchen

Versuchen den Gesichts- und Gehörssinn. Momentaner Eindruck war ein bei Tagesbeleuchtung zwischen zwei Platinspitzen vor dunklem Hintergrunde überspringender Inductionsfunke. Dauernder Reiz war das in der oben angegebenen Weise hervorgebrachte Geräusch.

Lichtfunken	Mittel	Maximum	Minimum	Zahl der Versuche
Ohne Nebengeräusch	222	284	158	20
Mit Nebengeräusch	300	390	250	18

Bedenkt man, dass bei den Versuchen mit gleichartigen Reizen immer zugleich die Intensität des Haupteindrucks der Schwelle nahe gebracht wird, so macht es diese Beobachtung wahrscheinlich, dass die störende Wirkung auf die Aufmerksamkeit bei disparaten Reizen größer ist als bei gleichartigen. Dies bestätigt auch die Selbstbeobachtung. Man findet es nämlich nicht besonders schwer, den zu dem Geräusch hinzutretenden Schall alsbald zu registriren; bei den Lichtversuchen hat man aber das Gefühl, dass man sich von dem Geräusch gewaltsam weg- und dem Gesichtseindruck zuwenden müsse. Diese Thatsache steht wohl mit früher berührten Eigenschaften der Aufmerksamkeit in unmittelbarem Zusammenhang. Die Spannung der letzteren ist, wie wir sahen, mit verschiedenen sinnlichen Empfindungen verbunden, je nach dem Sinnesgebiet, auf das sie sich richtet. Die Innervation, welche bei der Spannung der Aufmerksamkeit existirt, ist also bei disparaten Eindrücken wahrscheinlich eine verschiedene, vielleicht weil sie von verschiedenen Localitäten im Centrum der Apperception ausgeht[1]).

Bei allen hier besprochenen Verlängerungen der Reactionszeit machen es nun die näheren Bedingungen der Beobachtung wahrscheinlich, dass es sich nur um Verlängerung der Apperceptionsdauer handelt, während kein bestimmter Grund für eine wesentliche Veränderung der übrigen physiologischen und psycho-physischen Zeiträume vorliegt. Ein Lichtblitz von gegebener Stärke wird z. B. im allgemeinen Blickfeld des Bewusstseins in derselben Zeit aufleuchten, ob ihn ein störendes Geräusch begleitet oder nicht, und auch für die äußere Willenserregung ist, sobald einmal die Apperception erfolgte, kein Anlass der Hemmung gegeben. Höchstens in den Fällen, wo der störende Reiz gleichartig und der Haupteindruck so schwach ist, dass er gegen die Schwelle herabgedrückt wird, ist eine gleichzeitige Verlangsamung der Perception nicht unwahrscheinlich. Unter dieser Voraussetzung würde der Störungswerth eines den Eindruck begleitenden Reizes nach den obigen Versuchen für gleichartige Sinnesreize (Schall durch Schall) im Mittel 0,045^s, für disparate Sinnesreize (Licht durch Schall) 0,078^s betragen.

1) Aehnliche Versuche über die Ablenkung der Aufmerksamkeit hat auch Obersteiner ausgeführt. (Brain, I, 1879, p. 439.)

In etwas anderer Form lässt sich eine Störung durch Nebenreize herbeiführen, wenn man entweder gleichzeitig mit dem Haupteindruck oder durch eine sehr kurze Zwischenzeit von ihm getrennt einen zweiten momentanen Reiz einwirken lässt, welcher entweder dem nämlichen oder einem disparaten Sinnesgebiet angehört; im ersteren Fall muss er nur hinreichend verschieden sein, damit keine Verwechselung stattfinden könne. Lässt man z. B. annähernd gleichzeitig mit dem momentanen Schall- oder Lichteindruck, auf den reagirt werden soll, einen kurz dauernden Stimmgabelton einwirken, so können in einer größeren Reihe von Versuchen mit gleicher objectiver Zeitanordnung drei Fälle vorkommen: 1) solche wo der störende Klang vor dem Haupteindruck gehört wird, 2) solche wo er gleichzeitig mit demselben und 3) solche wo er nachher gehört wird. Hier liegt schon in der Beobachtung selbst, dass sich bei gleichbleibendem Zeitverhältniss der objectiven Reize die zeitliche Auffassung derselben verschieben kann, ein bemerkenswerthes Resultat, auf das wir unten (in Nr. 4) zurückkommen werden. Vorläufig sei nur bemerkt, dass die Succession unserer Sinneswahrnehmungen nicht einmal ihrer Richtung nach mit der Succession der Sinnesreize übereinstimmen muss, sondern dass ein in Wirklichkeit nachfolgender Eindruck möglicherweise anticipirt werden kann. Die Selbstbeobachtung lässt den Ursprung dieser Täuschungen nicht zweifelhaft: sie beruhen auf der wechselnden Spannung der Aufmerksamkeit. Sobald die dem Haupteindruck zugewandte Spannung bis zu einer gewissen Grenze angewachsen ist, so vermag sie denselben, auch wenn er in Wirklichkeit etwas später erfolgt als der begleitende Reiz, dennoch gleichzeitig oder sogar früher in den Blickpunkt des Bewusstseins zu heben. Je größer die Aufmerksamkeit, um so bedeutender wird die Zeitdifferenz, die von ihr überwunden werden kann. Hierbei zeigt sich nun aber, dass nicht die objective Zeitfolge der Eindrücke, sondern nur die Reihenfolge, in der sie appercipirt werden, auf die Reactionszeit von Einfluss ist. Wird der störende Klang erst nach dem Haupteindruck gehört, so ist die Zeit der Auffassung des letzteren nicht größer als unter den gewöhnlichen einfachen Bedingungen: der Eindruck wird so aufgefasst, als wenn der störende Nebenklang gar nicht existirte. Ebenso beobachtet man keine merkliche Abweichung bei gleichzeitiger Auffassung. Wird dagegen der störende Klang vor dem Haupteindruck wahrgenommen, so ist die Reactionszeit immer vergrößert, wie die folgenden Beispiele zeigen.

	Störender Klang	Mittel	Maximum	Minimum	Zahl d. Vers.
A Schallversuche	gleichzeitig oder nachher gehört	176	237	140	8
	vorher gehört	228	359	139	12
B Lichtversuche	gleichzeitig oder nachher gehört	228	284	158	17
	vorher gehört	250	291	212	23

Bei den disparaten Eindrücken wurde der Lichtreiz, der zu registriren war, häufiger gleichzeitig mit dem störenden Klang als nach demselben wahrgenommen; bei den gleichartigen Eindrücken trat die synchronische Auffassung seltener ein. Ferner macht sich bei allen diesen Versuchen deutlich eine gewisse Gewohnheit des Beobachtens geltend. Hat man die Eindrücke bei einem ersten Versuch in einer bestimmten Folge wahrgenommen, so ist die W

scheinlichkeit sehr groß, dass sie in dem nächsten Versuch in der nämlichen Folge aufgefasst werden. Die Spannung der Aufmerksamkeit tritt also, wie dies auch die Selbstbeobachtung bestätigt, vorzugsweise leicht in der ihr einmal angewiesenen Richtung ein. Geschieht plötzlich durch zufällige oder absichtliche Aenderung der Beobachtungsweise eine Umkehrung in der bisherigen Reihenfolge der Wahrnehmungen, so pflegt bei dem ersten Versuch dieser Art die Reactionszeit unter allen Umständen vergrößert zu sein, auch wenn die Aenderung so geschieht, dass der Haupteindruck vor den störenden Reiz tritt. Es entspricht dies der allgemein beobachteten Thatsache, dass die ersten Reactionen der neuen Versuchsreihe eine größere Zeit ergeben als die folgenden. Man pflegt auch diese Erscheinung mit dem unbestimmten Ausdruck »Uebung« zu bezeichnen. Damit ist natürlich nichts gesagt. Der wirkliche Vorgang besteht darin, dass die Erinnerung an eine vorangegangene Apperceptionsfolge auf einen nächsten Reactionsact einwirkt, so dass sich das Anwachsen der Aufmerksamkeit immer mehr einem gegebenen objectiven Verhältnisse anpasst.

Wesentlich abweichend von der sensoriellen verhält sich in Bezug auf alle die Aufmerksamkeit ablenkenden Einflüsse die muskuläre Reaction. Freilich können auch bei ihr unter Bedingungen, die man zuweilen unter die Beeinflussungen der Aufmerksamkeit gerechnet hat, Veränderungen der Dauer vorkommen. So fand CATTELL, wenn er absichtlich bei drei Stufen der Aufmerksamkeit, bei stark gespannter, gewöhnlich gespannter und völlig nachlassender, seine Versuche ausführte und den mittleren Zustand zum Maßstabe der Vergleichung nahm, bei größerer Spannung entweder gar keinen Unterschied oder eine sehr geringe Beschleunigung, das letztere offenbar in den Fällen, wo die gewöhnliche Reactionsweise noch keine extrem muskuläre war[1]); bei nachlässiger Aufmerksamkeit ergab sich dagegen stets eine Verzögerung von 20—30$^{\sigma}$. Hier handelt es sich aber offenbar gar nicht unmittelbar um den Einfluss der Aufmerksamkeit, sondern um diejenigen Zeitunterschiede, die in Folge der in verschiedenem Grade vorhandenen vorbereitenden Muskelspannungen entstehen: die Unterschiede haben also zunächst eine physiologische Bedeutung; ob sie nebenbei auch eine psycho-physische besitzen, lässt sich unmittelbar nicht ermessen, doch ist dies nach den sogleich zu erwähnenden anderweitigen Beobachtungen CATTELL's sehr unwahrscheinlich. Wurde nämlich, während die sonstigen Bedingungen, Intervall zwischen Signal und Eindruck, Grad der Bewegungsinnervation u. dergl., unverändert blieben, durch irgend welche Nebenreize oder selbst durch Nebenbeschäftigungen, die man den Beobachter vornehmen ließ, z. B. durch die Lösung einer einfachen Rechnungsaufgabe, eine Ablenkung der Aufmerksamkeit versucht, so hatte dies auf die Reactionszeit gar keinen Einfluss. Hierin liegt ein

1) Dies ergibt sich klar aus den sonstigen Zahlen der hier in Vergleich kommenden Beobachter (BERGER und CATTELL). CATTELL, Phil. Stud., III, S. 331.

abermaliger Beweis, dass die verkürzte oder musculäre Reactionsform zu einem rein automatischen Vorgang wird, welcher ohne vorangehenden Apperceptionsact erfolgt, wie denn auch zum Theil von den Beobachtern, die sich dieser Reactionsweise bedienen, ausdrücklich bemerkt wird, dass sie vollkommen automatisch ihre Reactionen vornehmen[1]).

Mit dem von CATTELL gefundenen Ergebnisse, dass bei der musculären Reactionsform Nebenreize, welche die Aufmerksamkeit abzulenken streben, keinen Einfluss auf die mittlere Reactionszeit besitzen, stehen anscheinend Versuche, welche über den gleichen Gegenstand E. J. SWIFT ausführte, nicht in Uebereinstimmung[2]). Dieser Beobachter, dessen Messungen im wesentlichen an einer einzigen Versuchsperson ausgeführt wurden, bediente sich nach seiner eigenen Angabe ausschließlich der musculären Reactionsform, womit auch die gefundenen Mittelwerthe und mittleren Variationen übereinstimmen. Neben den einfachen Reactionen führte er aber auch sogenannte Wahlreactionen aus, indem je einem von zwei Eindrücken (Roth und Gelb oder starker und schwacher Schall) eine bestimmte Bewegung (dem einen die des Zeige-, dem andern die des Mittelfingers) entweder dauernd oder nach einer dem Versuch kurz vorangegangenen Verabredung zugeordnet wurde. Hierbei ergab sich nun, dass der störende Nebenreiz regelmäßig die Reactionen etwas verzögerte, und zwar war diese Verzögerung durchschnittlich bei den Wahlreactionen größer als bei den einfachen musculären Reactionen und, im Widerspruch mit dem oben verzeichneten Ergebnisse, bei gleichartigen Sinnesreizen größer als bei disparaten. Auch fand SWIFT, dass Lichteindrücke auf Schallreactionen stärker verzögernd einwirkten als Schalleindrücke auf Lichtreactionen. Da die Versuche CATTELL's, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, unbedingt zuverlässig sind, und da sich aus den von SWIFT für die mittlere Variation angegebenen Zahlen ebenfalls auf eine exacte Ausführung seiner Versuche schließen lässt[3]), so sind für diesen Widerspruch der Ergebnisse zwei Erklärungen möglich: entweder verhalten sich verschiedene Beobachter bei musculärer Reactionsweise verschieden, oder es kann der störende Einfluss des Nebenreizes einen partiellen Uebergang in die sensorielle Reactionsform herbeiführen. Ich bin geneigt, die letztere Annahme für die weitaus wahrscheinlichere zu halten, um so mehr, da ja, wie oben bemerkt, die extrem musculäre Reaction ein Grenzfall ist, zwischen dem und der sensoriellen mannigfache Uebergänge vorkommen. Solche Uebergänge werden aber namentlich, wie wir unten sehen werden, durch den Uebergang zu zusammengesetzten Reactionen herbeigeführt. Erkennungs- und Wahlreactionen innerhalb der musculären Reactionsform auszuführen, ist nach meiner Erfahrung, mit der in diesem Punkte, wie ich glaube, die Erfahrung aller derer übereinstimmt, die sich in der Ausführung beider geübt haben, unmöglich. Beobachter, denen nur die musculäre Reaction geläufig ist, sind daher in der Regel überhaupt nicht im Stande Erkennungsreactionen nach der unten zu beschreibenden Methode auszuführen, und bei der Ausführung der Wahlreactionen verfallen sie in eine ganz oder partiell sensorielle Reactionsweise. Aber einen ähnlichen Einfluss

1) CATTELL a. a. O. S. 328 ff.
2) E. J. SWIFT, American Journal of Psychology, V, p. 1 ff.
3) Zu bedauern ist allerdings, dass SWIFT nicht angegeben hat, ob und wie eine Controle und Correctur der Chronoskopzeiten von ihm vorgenommen wurde.

wie die Aufgabe einer Wahl kann, wie ich glaube, ein störender Nebenreiz ausüben. Indem durch ihn die Aufmerksamkeit auf die Sinneserregungen gelenkt wird, kann die Reaction keine rein muskuläre mehr sein. Nur unter dieser Voraussetzung ist es begreiflich, dass Swift Versuche mit absichtlich größerer oder geringerer Aufmerksamkeit auf den störenden Nebenreiz überhaupt ausführen konnte. Bei absolut muskulärer Reaction ist das deshalb nicht möglich, weil bei ihr stets die volle Spannung der Aufmerksamkeit auf das Bewegungsorgan gerichtet sein muss. Wenn endlich Swift die Verzögerung durch disparate Reize kleiner fand als die durch gleichartige, so liegt der Grund vielleicht darin, dass die Reactionsweise seiner Versuchsperson eine gemischte war. Bei voller Spannung der Aufmerksamkeit auf den erwarteten Sinnesreiz finde ich, dass das objective Versuchsergebniss wie die Selbstbeobachtung dieses Resultats durchaus nicht bestätigen[1]). Uebrigens würde es unter allen Umständen wünschenswerth sein, dass die vorliegende Frage von einem Beobachter untersucht würde, der sich gleichmäßig auf beide Reactionsformen eingeübt hat und daher im Stande ist, sich selbst durch die in diesem Fall ziemlich zuverlässige Selbstbeobachtung von dem Uebergang aus der einen Reaction in die andere Rechenschaft zu geben.

Unter die Einwirkungen auf das Bewusstsein, welche den einfachen Reactionsvorgang beeinflussen und sich bald in vermehrter, bald in verminderter Geschwindigkeit desselben zu erkennen geben, gehören endlich noch gewisse toxische Einwirkungen. Indem dieselben die Centralorgane des Nervensystems, und durch diese wohl in den meisten Fällen auch indirect die peripherischen Bewegungs- und Sinnesorgane, bald in ihrer Function hemmen, bald aber auch deren Erregbarkeit steigern wird es leicht begreiflich, dass sie mehr oder minder erhebliche Veränderungen des Reactionsvorganges hervorbringen können. In der Regel sind die Bedingungen dieser Veränderung zusammengesetzter Art, und die etwaige Verkürzung oder Verlängerung einer einfachen Reaction lässt sich daher nicht ohne weiteres auf ihre Ursachen zurückführen, sondern es bedarf dazu einer Analyse der gewonnenen Ergebnisse auf Grund anderweitiger Ermittelungen des durch die toxische Einwirkung gesetzten Zustandes. E. Kraepelin hat auf diese Weise einige der wichtigeren toxischen Veränderungen der Reactionszeit, namentlich durch Herbeiziehung zweier Hülfsmittel, einer sorgfältigen Untersuchung unterzogen. Erstens

1) Wenn Swift aus den bei verschiedener Beschaffenheit der störenden Reize, z. B. bei 60, 120, 180 Metronomschlägen oder Lichtblitzen in der Minute, erhaltenen Verzögerungen der Reaction den relativen Störungswerth der verschiedenen Einwirkungen berechnet und so z. B. findet, dass bei 120 Eindrücken die Störung ein Maximum ist und dass sie sowohl bei Abnahme wie bei Zunahme jener Anzahl geringer wird, so ist gegen diese Folgerung einzuwenden, dass Differenzen, die großentheils den Betrag der mittleren Variation nicht erreichen, in diesem Falle nur dann nicht als zufällige Abweichungen angesehen werden könnten, wenn sie sich in einer sehr viel größeren Zahl von Versuchsreihen und, in Anbetracht des Einflusses subjectiver Praeoccupation, bei einer größeren Anzahl von Beobachtern bestätigt fänden.

verglich er das Verhalten der einfachen Reaction mit den gleichzeitig gesetzten Veränderungen der nachher zu erörternden zusammengesetzten Reactionsvorgänge (Unterscheidungs-, Wahl-, Associationsreactionen); und zweitens suchte er durch die Ermittelungen der Leistungsfähigkeit bei einfachen intellectuellen Functionen (Lesen, Addiren, u. dergl.) sowie bei der Kraftäußerung bestimmter Muskeln die in den Reactionsvorgang eingehenden elementareren Processe in ihren sensorischen und motorischen Antheil zu sondern [1]. Nach ihren Gesammtwirkungen auf den Reactionsvorgang zerfallen die von KRAEPELIN untersuchten Stoffe in vier Hauptgruppen: 1) in solche mit anfänglicher Verkürzung und darauf folgender Verlängerung der Reaction (Alkohol, Paraldehyd, Morphium); 2) solche mit

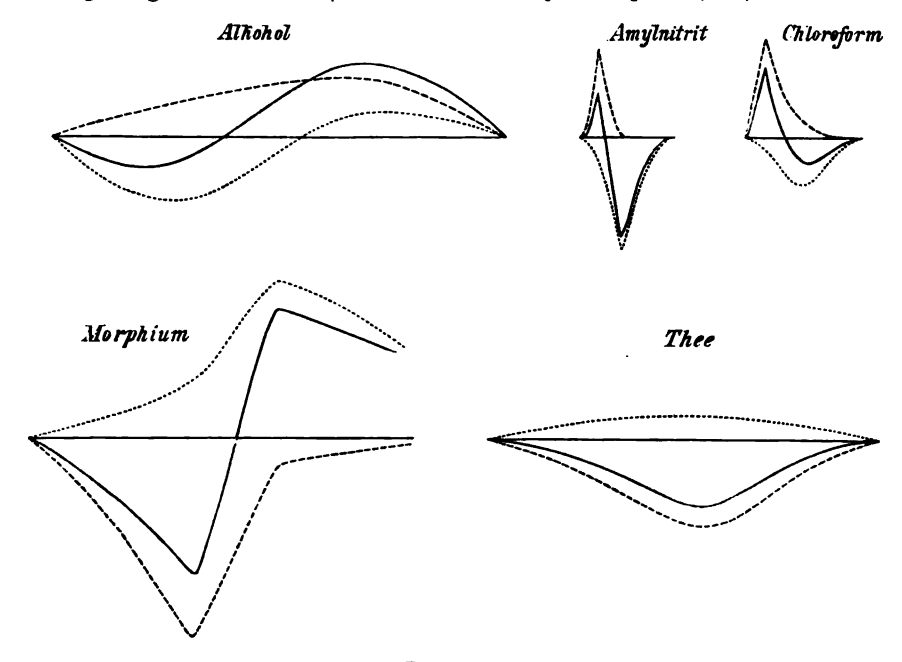


Fig. 228.

anfänglicher Verlängerung und darauf folgender Verkürzung (mäßige Dosen von Aether und Chloroform, Amylnitrit); 3) solche mit bloßer Verlängerung (größere Dosen Alkohol, Aether, Chloroform, Chloralhydrat); endlich 4) solche mit ausschließlicher Verkürzung (Thee, Coffein). Hierbei kann nun aber die Verkürzung der Reaction, sei sie nun im ersten oder

1) E. KRAEPELIN, Ueber die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch einige Arzneimittel. Jena 1892. Vgl. auch KRAEPELIN, Phil. Stud. I, S. 417, 573 ff., und DEHIO, Ueber den Einfluss des Coffeïns und des Thees etc. Dissert. Dorpat 1887.

in einem späteren Stadium der toxischen Wirkung vorhanden, wie die Vergleichsversuche lehren, entweder herrühren von einer Zunahme der motorischen Erregbarkeit bei gleichzeitiger Verlangsamung der sensorischen Function (so beim Alkohol, Aether Chloroform und Paraldehyd); oder sie kann herrühren von einer Zunahme der sensorischen Erregbarkeit bei gleichzeitiger Abnahme der motorischen Leistungsfähigkeit. Die in Fig. 228 gegebenen schematischen Darstellungen versinnlichen diese Theilwirkungen in ihrem Einfluss auf den Reactionsvorgang für die hauptsächlichsten der erwähnten Stoffe. Die Abscissenlinien entsprechen der nach der Einverleibung der Stoffe verflossenen Zeit, die ausgezogene Curve stellt die allmählich eintretenden Veränderungen der Reactionszeit dar, wobei der Verkürzung dieser ein Herabsinken unter, der Verlängerung ein Steigen über die Abscissenlinie entspricht. Die punktirte und die unterbrochene Curve versinnlichen die beiden Componenten dieser resultirenden Wirkung, die punktirte den Einfluss der sensorischen, die unterbrochene der motorischen Leistungsfähigkeit. Ein Sinken dieser letzteren Curven unter die Abscissenlinie ist demnach im allgemeinen Symptom einer Steigerung, ein Ansteigen über dieselbe Symptom einer Abnahme der Leistungsfähigkeit. Natürlich ist übrigens der Verlauf dieser Curven wesentlich von der Dosis abhängig, in welcher ein Stoff aufgenommen wurde. So nimmt z. B. in Folge einer stärkeren Alkoholgabe die motorische Energie nur noch sehr wenig im ersten Anfang des Versuchs zu, und in Folge dessen fehlt hier die initiale Verkürzung der Reactionszeit gänzlich; bei tiefer Chloroformnarkose ist statt der Steigerung der motorischen Leistungsfähigkeit während des ganzen Verlaufs eine Herabsetzung derselben zu bemerken, und es fehlt daher die in der Chloroformcurve der Fig. 228 dargestellte spätere Verkürzung der Reaction, u. s. w.[1].

Ueber die Veränderungen des einfachen Reactionsvorganges unter verschiedenen anderen Bedingungen existirt ebenfalls eine große Zahl von Angaben, auf die jedoch hier nicht eingegangen werden soll, weil es sich dabei durchweg um völlig undefinirbare Veränderungen handelt, die zuweilen ganz und gar äußeren Versuchsumständen zuzuschreiben sind, oder bei denen doch die etwa wirklich vorhandenen psycho-physischen Unterschiede ganz durch solche äußerliche und unwesentliche Nebenbedingungen verdeckt werden. So sind schon die Versuche über den Einfluss der Uebung werthlos, sobald nicht bestimmt anzugeben ist, worin die eingetretene Uebung besteht. Eine Verkürzung der Reactionsdauer kann aber hier eine sehr verschiedene Bedeutung besitzen: entweder kann sie die Anpassung an die angemessene Spannungsperiode der Aufmerksamkeit oder den Uebergang von der sensoriellen zur muskulären Reaction...

---

1) Vgl. das Nähere über diese Wirkungen bei KRAEPELIN a. a. O. S. 172 ff., sowie die Erörterung der individuellen Verschiedenheiten ebenda S. 233 ff.

oder beides bedeuten, oder es können sogar noch andere Umstände, wie Gewöhnung an Nebengeräusche, die anfänglich störend waren, und dergleichen mehr mitwirken. Ebenso ist der Begriff der Aufmerksamkeit in dem gewöhnlich gebrauchten Sinne mehrdeutig. Zuweilen ist, wie oben bemerkt, als Veränderung der Aufmerksamkeit bezeichnet worden, was in Wirklichkeit nicht dies, sondern nur eine Veränderung in den physiologischen Bedingungen der Bewegungsreaction bedeutet. Die wirkliche Spannung der Aufmerksamkeit ist aber wie aus den obigen Erörterungen hervorgeht wieder ein abweichender Vorgang bei der muskulären, der sensoriellen und der gemischten Reactionsform. Dass aus Versuchen, die ohne jede Garantie, wie sich diese fundamentalen Bedingungen verhalten, bei verschiedenen Individuen angestellt wurden, bei Männern und Frauen, bei Kindern, Erwachsenen und Greisen u. s. w., oder bei einem und demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten, um über den Einfluss von Alter, Geschlecht, Tages- und Jahreszeiten u. dergl. Aufschluss zu gewinnen, in Wahrheit gar nichts zu schließen ist, versteht sich demnach von selbst. In die nämliche Kategorie gehören die Versuche, welche Buccola[1]) u. A. an Geisteskranken ausgeführt haben[2]). Ob die hier in der Regel beobachteten Verlängerungen der Reactionszeit einen psycho-pathischen Werth haben oder nicht, lässt sich vorläufig gar nicht bestimmen; denn die Nebenbedingungen, unter denen diese Versuche meistens ausgeführt werden mussten, sind so völlig verschieden von denen, die ein eingeübter Experimentator mitbringt, dass es ganz ungewiss ist, ob nicht lediglich solche Nebenbedingungen an den Unterschieden schuld sind. Auch die Vergleichung mit ebenso eingeübten gesunden Individuen hilft hier nichts, weil die geistige Gesundheit eben auch darin besteht, dass ein Gesunder in einer solchen Versuchstechnik viel leichter geschult werden kann als ein Geisteskranker. Ueberhaupt aber kann die Ausführung derartiger, eine große technische Uebung und sorgfältige Selbstbeobachtung voraussetzender Messungen an beliebigen auf der Straße aufgelesenen Individuen nicht scharf genug getadelt werden. Auf diese Weise kann nur ein Ballast von Zahlen angehäuft werden, die besten Falls nutzlos, schlimmsten Falls aber schädlich sind, weil sie zur Ableitung völlig illusorischer Schlussfolgerungen Anlass geben.

Auch die von den Astronomen nach der Reactionsmethode gesammelten Beobachtungen über persönliche Differenz lassen nicht im geringsten, wie man zuweilen geglaubt hat, irgend welche Schlüsse über tiefer liegende Verschiedenheiten der Bewusstseinsanlage, oder in den Veränderungen, die sie zeigen, über die Veränderungen dieser Anlage zu[3]). Vielmehr sind die größeren Unterschiede hier wahrscheinlich immer dadurch bedingt, dass der eine Beobachter mehr sensoriell, der andere mehr muskulär reagirt; kleinere Unterschiede entspringen aus unbedeutenderen Abweichungen in den Beobachtungsgewohnheiten. Ferner können, wie die Beobachtungen von H. Leitzmann zeigen, Geräusche, namentlich auch solche, die von dem mit der Registrirvorrichtung verbundenen

1) Buccola, La legge del tempo nei fenomeni del pensiero, p. 203 ff.

2) Uebrigens fand W. von Tschisch (Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 10) in mehreren Fällen schwerer Geistesstörung die Reactionszeiten völlig unverändert. Ob die dabei einigemale beobachtete auffallende Verkürzung der unten (Nr. 3) näher zu definirenden Associationszeit wirklich ein psycho-pathisches Symptom ist, was sehr wohl denkbar erscheint, bedarf noch der weiteren Bestätigung.

3) Peters, Astronomische Nachrichten, IL, S. 20.

Uhrwerk herrühren, einen Einfluss auf die Reactionszeit ausüben. Derselbe fand nämlich bei seinen Durchgangsbeobachtungen nach der Registrirmethode, dass seine Registrirzeit durchschnittlich verkürzt war in der Mitte des Zeitraums zwischen zwei Secundensignalen, und dass sie dagegen verlängert war unmittelbar vor dem Eintritt eines solchen. Da nun die Signale erwartet wurden, so ergibt sich aus den Versuchsbedingungen, dass die Verkürzung mit der geringsten, die Verlängerung mit der größten Spannung der Aufmerksamkeit auf den Sinneseindruck zusammenfiel. Hiernach ist anzunehmen, dass sich in der Mitte zwischen den zwei Secundensignalen, also bei abnehmender Aufmerksamkeit, die Reactionsweise mehr der muskulären, bei Annäherung der Signale, also bei zunehmender Aufmerksamkeit, aber mehr der sensoriellen genähert habe. In der That bestätigte die subjective Beobachtung LEITZMANN's diese Folgerungen. Er bemerkte nämlich, dass seine Reactionsweise zwischen einer mehr sensoriellen und einer mehr muskulären Form wechselte, im ganzen aber ein mittleres Verhalten darbot[1]. Gewiss würde eine ähnliche Bearbeitung astronomischer Beobachtungsergebnisse noch manche interessante psychologische Aufschlüsse liefern. Anderseits ist aber wohl auch nicht zu bezweifeln, dass eine sorgfältige Beachtung der psychophysischen Versuchsergebnisse im Stande sein würde, die bei Registrirbeobachtungen vorkommenden persönlichen Abweichungen wesentlich zu vermindern.

3. Zusammengesetzte Reactionsvorgänge.

Der bis dahin geschilderte einfache Reactionsvorgang gewinnt seinen Hauptwerth für das Studium der Bewusstseinserscheinungen dadurch, dass sich mit ihm weitere psychische Acte verbinden lassen, welche Aenderungen in den subjectiven Bedingungen, sowie in der Dauer der Reaction herbeiführen. Auf diese Weise entstehen *zusammengesetzte Reactionsvorgänge*. Durch ihre Vergleichung mit der einfachen Reaction bieten dieselben die Möglichkeit einer Analyse der in sie eingehenden psychischen Acte dar. Dabei ist jedoch selbstverständlich in jedem einzelnen Fall die sorgfältige Untersuchung der bei den verglichenen Vorgängen obwaltenden Bedingungen erforderlich. Nur unter dieser Voraussetzung können namentlich die zur Beobachtung kommenden Zeitunterschiede zu irgend welchen Schlüssen verwerthet werden. Nun sind aber unter den einfachen Reactionen selbst die beiden Hauptformen, die sensorielle und die muskuläre, in sehr verschiedener Weise aus elementaren Vorgängen zusammengesetzt. Es ist daher von vornherein einleuchtend, dass auch die zusammengesetzten Reactionen von wesentlich verschiedener Bedeutung sein werden, je nachdem sie sich an die eine oder andere Form anschließen, und dass namentlich die Grundlagen für die zeitliche

[1] H. LEITZMANN, Phil. Stud. V, S. 56 ff.

Vergleichung mit der einfachen Reaction in beiden Fällen völlig abweichende sind.

Die einfacheren Bedingungen bieten sich hier unter der Voraussetzung dar, dass der sensorielle Reactionsvorgang zum Ausgangspunkte der Untersuchung genommen wird. Da bei ihm die psycho-physischen Vorgänge der Apperception des Eindrucks und des Willensimpulses auch subjectiv deutlich als successive Acte bemerkbar sind, so wird es in diesem Falle am leichtesten zu erreichen sein, dass beim Stattfinden eines zusammengesetzten Reactionsvorganges, bei welchem irgend welche weitere Acte hinzutreten, alle sonstigen Bedingungen mit Ausnahme dieser neu hinzutretenden constant bleiben. Ist dies der Fall, so gestaltet sich aber die Bestimmung des Zeitwerthes der hinzutretenden psychischen Acte zu einem einfachen Subtractionsproblem. Der Vorgang X wird aus der zusammengesetzten Reaction R_x, in welcher er eingeschlossen ist, gefunden werden können, wenn man von dieser den Werth der unter sonst vollkommen gleichen subjectiven Bedingungen stattfindenden einfachen Reaction R abzieht. Aehnlich werden dann aber auch noch zusammengesetztere Reactionen durch successive Subtraction zerlegt werden können. Aus einem Vorgange zweiter Ordnung $R_{x1\,x2}$ wird also zuerst $X_2 = R_{x1\,x2} - R_{x1}$, und dann wieder aus R_{x1} wie vorhin $X_1 = R_{x1} - R$ gefunden werden können. Auf dem hier angedeuteten Wege hat man bis jetzt vier Arten psychischer Vorgänge in Bezug auf ihren Zeitverlauf zu erforschen gesucht: 1) den Act der Erkennung einer im allgemeinen zuvor bekannten aber für die gegenwärtige Beobachtung entweder völlig unbestimmt gelassenen oder nur in Bezug auf das Sinnesgebiet vorher bestimmten Vorstellung; letzteres ist wegen der wünschenswerthen vorherigen Richtung der Aufmerksamkeit das regelmäßige Verfahren; 2) den Act der Unterscheidung von zwei oder mehr Vorstellungen, deren Anzahl jedoch nie so groß sein darf, dass sich nicht auf alle in gewissem Grade die Erwartung erstrecken kann; 3) den Act der Wahl zwischen zwei oder mehreren Bewegungen, wobei jede dieser Bewegungen einer bestimmten unter einer Anzahl erwarteter Vorstellungen zugeordnet wird; hiernach setzt der Wahlact stets einen Unterscheidungsact voraus; 4) den Act der Association einer Vorstellung zu einer andern von außen gegebenen, einen Vorgang, an welchen außerdem gewisse logische Acte einfacher Art sich anschließen lassen; wie die Wahl einen Unterscheidungsact, so setzt demnach die Association einen Erkennungsact voraus.

Der erste dieser Acte, die Erkennung einer Vorstellung, lässt sich dem einfachen Reactionsvorgang interpoliren, indem von vornherein festgestellt wird, dass die reagirende Bewegung erst dann ausgeführt werde, wenn der Erkennungsact vollzogen sei. Aus der Erkennung wird eine

Unterscheidung, wenn eine fest begrenzte Zahl dem Beobachter zuvor bekannter Eindrücke gegeben ist, zwischen denen er die Unterscheidung vollzogen haben muss, ehe er die Reactionsbewegung ausführt. Zu der Unterscheidung tritt noch ein Wahlact hinzu, wenn man bestimmt, dass unter einer Anzahl vorher bekannter Eindrücke jeder einzelne durch eine ihm absichtlich zugeordnete reagirende Bewegung beantwortet werde. Lässt man z. B. in unregelmäßiger Weise die Farbeneindrücke Roth und Blau wechseln und bestimmt, dass auf Roth mit der rechten und auf Blau mit der linken Hand reagirt werde, so enthält dieser Reactionsvorgang zuerst eine Erkennung und dann eine Wahl. Ebenso findet eine solche offenbar dann statt, wenn bestimmt wird, dass die Reaction immer nur mit einer Hand, aber nur auf den einen der Eindrücke, z. B. auf Roth, erfolge; der Erkennungsvorgang gleicht in der jetzt stattfindenden Reaction ganz dem vorigen, aber der Wahlact ist ein etwas abweichender: er bezieht sich nicht auf die Entscheidung zwischen zwei Bewegungen, sondern auf die zwischen Bewegung und Ruhe; wenn die Bewegung erfolgt ist, so knüpft sich daran, vorausgesetzt dass die Vorgänge vollständig ablaufen, im einen Fall die Entscheidung, dass keine Bewegung stattfinde, im andern die Entscheidung, dass sie stattfinde. Es kann nun aber auch der Wahlvorgang complicirt werden, indem man die Zahl der Eindrücke und der an sie gebundenen Reactionsbewegungen vermehrt. So lässt sich eventuell eine Mehrzahl von Farben, Zahlzeichen und dergl., und für jeden dieser Eindrücke die Bewegung eines bestimmten Fingers verwenden. Bis zur Wahl zwischen zehn Bewegungen kann man auf solche Art leicht fortschreiten. In analoger Weise wie der Wahlvorgang dem Unterscheidungsact, so wird endlich die Association dem Erkennungsact superponirt. Man benützt ein Gesichtsbild oder ein zugerufenes Wort als zu erkennende Vorstellung, und lässt in einem Theil der Versuche im Moment der Erkennung, in einem andern Theil erst im Moment, wo eine associirte Vorstellung im Blickpunkt des Bewusstseins erscheint, die Reaction ausführen.

Bezeichnen wir, dem oben aufgestellten allgemeinen Schema gemäß, mit R die einfache Reaction, mit R_e diejenige Reaction zweiter Ordnung, welche außer den Factoren der einfachen Reaction noch einen Erkennungsact enthält, mit R_u diejenige, welche in ähnlicher Weise noch einen Unterscheidungsact enthält, endlich mit R_{uw} und R_{ea} die Reactionen 3. Ordnung, in denen im ersten Fall ein Wahlact, im zweiten Fall ein Associationsact enthalten ist, so bestimmen sich die Erkennungs-, Unterscheidungs-, Wahl- und Associationszeiten E, U, W und A unmittelbar aus den Gleichungen:

$$E = R_e - R, \quad U = R_u - R, \quad W = R_{uw} - R_u, \quad A = R_{ea} - R_e.$$

Hier ist nun aber von vornherein klar, dass, während die einfache

Reaction für ein bestimmtes Sinnesgebiet (bei gleichbleibender Reactionsmethode eine annähernd constante Größe ist, die zusammengesetzten Reactionen R_u, R_{uw}, R_{ea} und demnach auch die Acte E, U, W, A mit der mehr oder weniger verwickelten Beschaffenheit dieser Acte sich ändern werden. Die Erkennung oder Unterscheidung eines Wortes oder einer mehrstelligen Zahl wird z. B. mehr Zeit erfordern als die einer Farbe oder einer einfachen Zahl, die Wahl zwischen 3, 4, 5 . . . Bewegungen mehr als zwischen zwei Bewegungen u. s. w. Zu dem Problem der Bestimmung einfacher Erkennungs-, Unterscheidungs-, Wahl- und Associationsacte tritt also hier noch die weitere Frage nach der Veränderlichkeit dieser Acte mit dem Grade ihrer Zusammensetzung[1]).

Die größte Schwierigkeit bewirken unter diesen Bestimmungen die beiden ersten, die zugleich die Hülfsmittel darbieten, um zu den übrigen zu gelangen, die des Erkennungs- und des Unterscheidungsactes. Sie sind an und für sich nur möglich, wenn man sich der sensoriellen Reactionsform bedient. Ist die Reactionsform entschieden muskulär, so erfolgt dieselbe, wie wir sahen, automatisch im Moment des Eindrucks; in diesem Zustand ist es daher schlechterdings unmöglich den Bewegungsimpuls so lange zurückzuhalten, bis der Unterscheidungsact vollendet ist. Alle Beobachter, welche ausschließlich die muskuläre Reactionsform anwandten, sahen sich daher außer Stande Unterscheidungsversuche nach der angegebenen Methode auszuführen[2]), und sie haben deshalb zum Theil versucht andere Methoden anzuwenden, welche aber nicht geeignet waren die Frage, um die es sich hier handelt, zu beantworten. Auch mit der Gewöhnung an sensorielle Reactionen ist nun freilich eine absolute Garantie dafür, dass man den Erkennungsact wirklich richtig in den Reactionsvorgang interpolirt habe, nicht gegeben, sondern es bleibt die Möglichkeit, dass man entweder zu früh oder zu spät die Reaction ausführt. Gegen diese Fehler kann nur die sorgfältige Controle mittelst der Selbstbeobachtung schützen. Da man bei dem vollständigen Reactionsvorgang Apperception und Willensimpuls als successive Acte wahrnimmt, so wird man sich namentlich der vorzeitigen Reactionen auch bei zusammengesetzter Beschaffenheit der Eindrücke mehr oder minder deutlich bewusst, indem man wahrnimmt, dass die eigentliche Erkennung des Gegenstandes noch in die Zeit der ausgeführten Reaction hinüberreicht. Unterstützt wird diese Wahrnehmung, wenn der Versuch so eingerichtet wird, dass die ausgeführte Bewegung die weitere Einwirkung des Eindrucks abschneidet, wenn also durch dieselbe die Lichteinwirkung unterbrochen oder eine

1) Vgl. hierzu Phil. Stud., I, S. 27 ff.

2) J. von Kries, Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos., IX, S. 10. Cattell, Phil. Stud., III, S. 452.

Schallerregung durch einen starken Schall von abweichender Qualität abgeschnitten wird[1]). Zu langes Zögern nach Einwirkung des Reizes kommt nur bei mangelnder Uebung vor, und es lässt sich dieser Fehler, der unmittelbar an der enormen Größe der mittleren Variationen zu erkennen ist, leicht durch strenge Selbstcontrole vermeiden.

Die Bestimmung der Wahlzeit hat den großen Vortheil, dass man bei ihr eine unmittelbare objective Controle für den nicht zu frühzeitigen Eintritt der Reaction in der stattfindenden Bewegung besitzt. Verfrühte Reactionen geben sich hier daran zu erkennen, dass Fehlreactionen eintreten, indem man entweder reagirt wo nicht reagirt werden sollte, oder mit einer falschen dem Eindruck nicht wirklich zugeordneten Bewegung die Einwirkung desselben beantwortet. Verspätete Reactionen können auch hier nur durch eine sorgfältige Controle mittelst der Selbstbeobachtung vermieden werden. Die Verhütung der verfrühten Reactionen kann nun aber wieder auf doppelte Weise geschehen, was für die Beurtheilung der wirklich in der so genannten Wahlreaction eingeschlossenen Vorgänge von großer Bedeutung ist. Tritt die correcte Zuordnung dadurch ein, dass der Beobachter die zu der Wahlreaction gehörigen Acte, Unterscheidung des Eindrucks, Bestimmung der auszuführenden Bewegung und Willensimpuls, successiv in der richtigen Weise ausführt, so lässt sich eine solche Wahlreaction nur dann in Bezug auf ihren Zeitwerth mit der einfachen Reaction vergleichen, wenn diese selbst eine sensorielle, nicht aber wenn sie eine muskuläre Reaction ist. Ist dagegen das letztere der Fall, so lassen beide Acte gar keine Vergleichung zu; denn der eine ist ein mehr oder weniger automatischer, der andere ein nicht-automatischer Act. In die Wahlreaction geht daher eine sensorielle Reaction ein, während die über die einfache Reactionszeit gemachten Versuche nur muskuläre Reactionen ergeben. Subtrahirt man also in diesem Fall die einfache Reaction von der Wahlreaction, so erhält man nicht nur die Unterscheidungs- und Wahlzeit, sondern außerdem noch einen Betrag, welcher der Differenz zwischen sensorieller und muskulärer Reaction entspricht. Das Vorkommen dieses Falles lässt sich unmittelbar daran nachweisen, dass in den älteren Versuchen sehr häufig einfache Reactionen, die sich durch ihre Kürze deutlich als muskuläre verrathen, mit Wahlreactionen der nämlichen Beobachter verbunden sind, welche den gewöhnlichen Zeitwerthen dieser complexen Reactionen entsprechen.

Sobald die Bedingungen derart beschaffen sind, dass sich auch bei den Wahlreactionen automatische Zuordnungen ausbilden können, wenn also etwa nur auf einen bestimmten Eindruck reagirt wird, auf alle andern

1) Friedrich, Phil. Stud., I, S. 32.

nicht, oder wenn nur zwischen zwei Bewegungen, zwei leicht unterscheidbaren Eindrücken entsprechend, gewählt wird, so gewinnt offenbar der Vorgang einen ganz anderen Charakter: die Reactionsweise bleibt nun auch bei den Wahlversuchen eine automatische. Wie der geübte Clavierspieler vollkommen automatisch beim Anblick der bestimmten Note die bestimmte Taste anschlägt, so wird hier, ohne dass ein wirklicher Unterscheidungs- und Willensact im Bewusstsein abzulaufen braucht, auf den nach Uebereinkunft festgestellten Eindruck mit der bestimmten Bewegung geantwortet. Die so gemessene Zeit ist, da es sich in beiden Fällen um im wesentlichen automatische Vorgänge handelt, wahrscheinlich mit der verkürzten Reactionsdauer unmittelbar vergleichbar, aber sie entspricht ebenfalls keinem Wahlvorgang; die Zeitdifferenz beider Reactionen wird annähernd dem Unterschied einer einfachen und einer durch complicirende Bedingungen erschwerten automatischen Coordination gleich sein. Aber es ist vorauszusetzen, dass diese Unterschiede von sehr geringem Betrage sind. Auf diese Weise erklärt es sich, dass die so genannten Wahlzeiten, welche verschiedene Beobachter gefunden haben, in zwei Gruppen zerfallen: in eine, bei welcher diese Zeiten Zehntheile einer Secunde betragen, und in eine andere, bei der sie sich innerhalb der Tausendtheile bewegen. Bei den ersteren handelt es sich um wirkliche Unterscheidungen und Wahlen, bei den letzteren um automatische Coordinationen. Da diese gleichfalls von psycho-physischem Interesse sind, so soll eine Betrachtung derselben der Besprechung der eigentlichen psycho-physischen Reactionsformen hier angeschlossen werden.

Bei der Untersuchung der Associationsreactionen können je nach der eingeschlagenen Methode verschiedene Bedingungen stattfinden. Wird das Verfahren ebenso wie nach der Erkennungsmethode eingerichtet, indem man feststellt, dass z. B. bei Worteindrücken in einem Theil der Versuche auf die Erkennung des Wortes, in einem andern Theil auf die zu demselben eintretende Association reagirt werde, so verhalten sich die Associations- analog den Wahlreactionen. Vorzeitige Reactionen werden hier vermieden, weil, wenn sie eintreten, überhaupt noch keine Association stattgefunden hat, und daher solche falsche Versuche leicht erkannt werden. In der That findet man, dass bei dieser Versuchsweise Beobachter, welche sich der muskulären Reactionsform bedienen, ganz wie bei den Wahlversuchen, sobald sie Associationen ausführen, zur sensoriellen Reaction übergehen. Es lassen sich aber auch die Associationsreactionen als Reactionen vierter Ordnung ausführen, wenn man die Sprachbewegungen selbst als Reactionsbewegungen benützt. Lässt man nämlich in einer Reihe von Versuchen ein zugerufenes oder gelesenes Wort, sobald es unterschieden ist, aussprechen, so schließt dieser Act eine Erkennungs- und eine Wahl-

handlung ein. Lässt man dann in andern Versuchen das associirte Wort aussprechen, so kommt zu diesen Zeiten noch die Associationszeit hinzu. In diesem Fall kann selbstverständlich die Reaction in beiden Versuchsreihen nur eine sensorielle sein. Man wird also hier die gefundenen Differenzen am sichersten als wahre Associationszeiten ansehen dürfen, die freilich unter den durch den Versuch gesetzten speciellen Bedingungen gefunden und daher mit den nach der ersten Methode ermittelten nicht ohne weiteres vergleichbar sind.

Nach diesen Vorbemerkungen sollen nun die wesentlichsten Ergebnisse der bisherigen Beobachtungen zusammengestellt werden; doch wollen wir hierbei die Betrachtung der Unterscheidungs- derjenigen der Erkennungsreactionen vorangehen lassen, weil jene im allgemeinen bei der Ausführung der Versuche einfachere Bedingungen darbieten.

1) Unterscheidungsacte. Die einfachste Unterscheidung ist die zwischen zwei zuvor bestimmten Eindrücken. Mit der Zunahme der Anzahl der Eindrücke, zwischen denen zu unterscheiden ist, wird dann der Vorgang ein mehr und mehr zusammengesetzter. Die wesentlichste Variation der Bedingungen des Unterscheidungsactes besteht daher in dieser Zunahme der Eindrücke. Hierbei können aber diese, falls sie einfache Eindrücke sind, entweder einer Intensitätsreihe oder einer Qualitätsreihe angehören. Im ersten Fall ist die Unterscheidung schwieriger, und sie steigt daher mit wachsender Zahl der Eindrücke viel schneller an, als bei der qualitativen Unterscheidung. So fand E. Tischer bei zwei Beobachtern folgende Zeiten bei 2, 3, 4 und 5 Schallintensitäten[1]:

	Einfache Reaction	Unterscheidung von 2	3	4	5 Schallstärken
B.	129,7	79,3	137	159,2	149,3
W.	152	131,6	204,6	196	—

Die Größe dieser Zahlen erklärt sich daraus, dass es sich hier nicht um geläufige Unterschiede handelt, sondern um solche, die nur zum Zweck der Beobachtung festgestellt worden sind. Auch ist es überhaupt unmöglich, mehr als höchstens 4 bis 5 Schallstärken so im Gedächtnisse festzuhalten, dass sie sicher unterschieden werden können.

Erheblich kleiner sind die Unterscheidungszeiten, wenn es sich um qualitative Empfindungsunterschiede handelt. So ergaben sich für die

1) Tischer, Phil. Stud. I, S. 527. Die übrigen Beobachter in Tischer's Versuchen zeigen unverkennbar extrem verkürzte Reactionszeiten und zugleich vorzeitige Unterscheidungsreactionen, entsprechend der oben erwähnten gewöhnlichen Verbindung. Auch bei *B.* ist die einfache Reaction etwas verkürzt, und wahrscheinlich sind die Mittel der Unterscheidungszeiten bei diesem Beobachter wegen der Beimengung einzelner verfrühter Reactionen etwas zu klein ausgefallen.

Unterscheidung von Schwarz und Weiß in Versuchen, die ich gemeinsam mit M. Friedrich und E. Tischer ausführte, folgende Werthe:

Beobachter	Reactionszeit auf		Mittl. Var. bei		Einfache Reactionsz.	Unterscheidgsz. f.		Mittl. Unterscheidungsz.
	Schwarz	Weiß	Schwarz	Weiß		Schwarz	Weiß	
M. F.	176	190	24	29	133	43	57	50
E. T.	224	235	29	26	182	39	54	47
W. W.	286	295	42	45	211	65	91	78

Die Zahl der Unterscheidungsversuche betrug bei jedem Beobachter 63. Als zwischen vier verschiedenen Lichteindrücken, Schwarz, Weiß, Roth, Grün, unregelmäßig gewechselt wurde, ergaben sich folgende Mittelwerthe:

Beobachter	Reactionszeit mit Unterscheidung	Mittl. Var.	Einfache Reactionszeit	Unterscheidungszeit
M. F.	293	38	136	157
E. T.	287	32	214	73
W. W.	337	49	205	132

Die Zahl der Unterscheidungsversuche betrug bei jedem Beobachter 78.

Vergleicht man die in den zwei letzten Tabellen enthaltenen Unterscheidungszeiten, so erkennt man das Wachsthum derselben mit der zunehmenden Zahl der zu erwartenden Eindrücke; gleichzeitig nimmt dabei auch die mittlere Variation zu. Noch deutlicher trat das nämliche in solchen Versuchsreihen hervor, in denen einfache Reactionen, einfache und mehrfache Unterscheidungen regelmäßig mit einander wechselten. Als Beispiel mögen hier die Mittelzahlen aus vier Versuchsreihen mit je 24 Versuchen mitgetheilt werden, deren jeder zum Zweck der Elimination der Ermüdungseinflüsse 1) drei einfache Reactionen, 2) drei Reactionen mit einfacher, 3) sechs mit mehrfacher, 4) drei mit einfacher Unterscheidung, und dann wieder 5) drei einfache Reactionen enthielt.

Beobachter	Einfache Reactionszeit	Einfache Unterscheidung	Mehrfache Unterscheidung
M. F.	132	78	109
	168	24	165
W. W.	226	50	166
	210	79	191

Es ist wahrscheinlich, dass hier in einzelnen Versuchen, namentlich bei *M. F.*, verfrühte Reactionen vorkommen, entsprechend der Neigung dieses Beobachters zu verkürzten einfachen Reactionen, ebenso aber auch bei *E. T.* Im allgemeinen ist jedoch anzunehmen, dass die einfache Unter-

scheidungszeit zwischen zwei Eindrücken 50$^\sigma$ nicht übersteigt, während die mehrfache mindestens 100$^\sigma$ erreicht[1]).

2) Erkennungsacte. Von der Größe der Erkennungszeiten einfacherer Vorstellungen gibt die folgende Uebersicht der von E. B. Titchener[2] an drei Beobachtern (*W.*, *M.*, *T.*) gewonnenen Mittelwerthe ein Bild:

	W.	*M.*	*T.*
Unterschied zwischen sensorieller u. muskulärer Reaction	81,4	84,4	97
Erkennung einer Farbe	29,5	30,2	28,1
Erkennung eines Buchstabens	53,5	52,7	51,3
Erkennung eines kurzen Wortes	51,8	50,1	45,2

Wie man sieht, dauert die Erkennung eines kurzen Wortes kaum so lange als die eines einzelnen Buchstabens. Das nämliche fand bereits Cattell[3]. Diese Thatsache beweist, dass bei diesen Erkennungsvorgängen die Assimilation des Eindrucks durch in uns bereit liegende Vorstellungen eine wichtige Rolle spielt[4]).

Ueber die Zunahme der Erkennungszeiten bei regelmäßiger Zunahme der Zusammensetzung der Eindrücke geben endlich noch Versuche von M. Friedrich einigen Aufschluss, in denen 1- bis 6stellige Zahlen als Erkennungsobjecte verwendet wurden. Die Gesammtmittel von drei Beobachtern aus zwei auf einander folgenden Monaten sind in der nachstehenden Uebersicht mitgetheilt. Die Zahlen sind die Differenzen der Mittel aus den unmittelbar gemessenen zusammengesetzten Reactionszeiten und aus den einfachen Reactionszeiten für Lichteindrücke bei den nämlichen Beobachtern. Letztere waren für

M. F. 148, *E. T.* 220, *W. W.* 196.

	1-	2-	3-	4-	5-	6stellige Zahl	Mittlere Variation bei 1stell.	Mittlere Variation bei 6stell. Z.
M. F.	324	339	314	474	687	1082	69	132
	308	358	386	491	627	1079		
E. T.	348	441	601	848	1089	1387	55	161
	194	276	330	480	704	887		
W. W.	378	386	375	473	650	960	46	123
	270	308	305	418	445	482		

1) M. Friedrich, Phil. Stud., I, S. 49 ff.

2) Phil. Stud. VIII, S. 138 ff.

3) Cattell, Phil. Stud. III, S. 485. Im übrigen sind die von Cattell gefundenen Erkennungszeiten (eine Farbe oder ein einfaches Bild = 100, ein Buchstabe = 120, ein kurzes Wort = 130$^\sigma$) genau um die Differenz zwischen sensorieller und musculärer Reaction größer, als die von Titchener gefundenen Zeiten.

4) Ueber weitere hierher gehörende Thatsachen vgl. Cattell, Phil. Stud. II, S. 635 ff.

Da die Versuche so angestellt sind, dass im Moment der Einwirkung des Eindrucks die Zahlen durch eine GEISSLER'sche Röhre erleuchtet wurden, so sind die absoluten Werthe der gefundenen Zeiten theils wegen der hinzukommenden Adaptationszeit theils wegen der geringen Stärke der Beleuchtung jedenfalls zu groß; da aber diese Einflüsse sich bei allen Zahlen in gleicher Weise geltend machen, so geben sie immerhin ein Bild des relativen Wachsthums der Erkennungszeiten[1]. Entsprechend dem oben in Bezug auf einzelne Buchstaben und kurze Wörter erhaltenen Resultat zeigt sich hier, dass die Erkennung von 1-, 2- und 3stelligen Zahlen, namentlich nach zureichender Uebung, keine erheblich verschiedene Zeit beansprucht, dass dagegen bei noch größeren Zahlen die Erkennungszeit rasch zunimmt. Schon bei 6stelligen Zahlen ist es übrigens schwer, jede Zahl in *einem* Erkennungsact zusammenzufassen; größere müssen stets zerlegt werden, und es setzt sich daher dann der Vorgang aus mehreren successiv erfolgenden einfacheren Erkennungsacten zusammen.

3) *Wahlacte.* Während der Vorgang der *Erkennung* und der *Unterscheidung* eines Eindrucks als ein zusammengesetzter Apperceptionsprocess betrachtet werden kann, von der einfachen Apperception eines erwarteten Eindrucks von bekannter Beschaffenheit dadurch verschieden, dass sich zu diesem eine Unterscheidung der besonderen Merkmale des Eindrucks hinzugesellt, setzt sich der *Wahlact* stets aus *zwei* Processen psycho-physischer Art zusammen. Nachdem nämlich der zugehörige Unterscheidungsact abgelaufen ist, besteht der nun eintretende Wahlact selbst 1) aus der *reproductiven Apperception* der zu dem erkannten Eindruck gehörenden Bewegung und 2) aus der *impulsiven Apperception* dieser Bewegung (s. oben S. 307). Beide Apperceptionsacte, der reproductive und der impulsive, können möglicherweise sehr rasch auf einander folgen; aber sie werden, so lange ein eigentlicher Wahlact vorliegt und keine automatische Coordination Platz gegriffen hat, immer als die unerlässlichen Bestandtheile des ersteren zu betrachten sein, und in der That sind sie bei aufmerksamer Selbstbeobachtung deutlich in demselben nachzuweisen. Natürlich ist auch der Wahlact dann am sichersten in seinem Verlauf zu verfolgen, wenn er sich an einen sensoriellen Reactionsvorgang und die demselben interpolirten Unterscheidungsacte anschließt; aber da, wie früher bemerkt, bei dem Uebergang zu Wahlversuchen in der Regel unter hierzu günstigen Bedingungen auch musculäre Reactionen die sensorielle Form annehmen, so können hier immerhin auch solche Versuche, denen vergleichbare Bestimmungen der einfachen

[1] M. FRIEDRICH a. a. O. S. 60 ff.

Reactions- und der Unterscheidungszeiten nicht zur Seite stehen, für einzelne Fragen herbeigezogen werden. Können sie auch selbstverständlich niemals zur Ermittelung der absoluten Dauer der Wahlacte dienen, so lassen sie doch Schlüsse über die Veränderungen dieser Dauer unter verschiedenen Bedingungen zu.

Die einfachsten Formen der Wahlreaction entstehen, wenn nur zwischen zwei Eindrücken gewechselt und entweder nur auf einen zuvor festgestellten durch eine einzige Bewegung oder auf jeden durch eine andere Bewegung reagirt wird. Im ersten Fall entsteht eine Wahlreaction zwischen Bewegung und Ruhe (R_{uw1}), im zweiten eine solche zwischen zwei Bewegungen (R_{uw2}). Zwischen beiden Formen findet sich kein constanter Unterschied. So ergaben sich in Tischer's Versuchen bei der Reaction auf zwei Schalleindrücke von verschiedener Stärke, wenn bei R_{uw1} nur mit der rechten, bei R_{uw2} mit der rechten und linken Hand reagirt wurde, bei einer Reihe von Beobachtern folgende Mittelwerthe[1]:

Beobachter	*Wt.*	*B.*	*C. Wf.*	*Rl.*	*D. Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tl.*	*Tr.*
R_{uw1}	303	351,5	321	347	294	301	295	298	31[illegible]
R_{uw2}	357	315,6	293	346,5	303	319	320	304,5	31[illegible]
Differenz	+ 54	— 35,9	— 28	— 0,5	+ 9	+ 18	+ 25	+ 6,5	[illegible]

Hieraus würde sich, wenn man die Unterscheidungsreactionen derjenigen Beobachter in Abzug bringt, welche sensoriell reagirten, in beiden Fällen eine durchschnittliche Wahlzeit von 60—80$^{\sigma}$ ergeben. Dagegen war bei Cattell und Berger, die zwei Farben oder zwei kürzere Wortbilder zur Unterscheidung benutzten, die Zeit R_{uw1} regelmäßig etwas kürzer als R_{uw2}:

Beobachter:	Farben: *B.*	Farben: *C.*	Wörter: *B.*	Wörter: *C.*
R_{uw1}	295	340	319	401
R_{uw2}	314	438	348	437
Differenz	+ 19	+ 98	+ 29	+ 36

Nimmt die Zahl der Bewegungen zu, zwischen denen gewählt werden soll, so wächst auch die Zeit der Wahlreaction, wobei sie, wie die Versuche von Julius Merkel zu lehren scheinen, bei einzelnen Beobachtern von Anfang an mit stetig abnehmender Geschwindigkeit, bei andern zuerst mit zu- und dann mit abnehmender Geschwindigkeit wächst[2]. Als Eindrücke dienten bei diesen Versuchen die Ziffern 1—5 und I—V

1) E. Tischer a. a. O. S. 533 f.

2) Jul. Merkel, Phil. Stud. II, S. 73 ff. Vgl. besonders die graphischen Darstellungen der Versuche auf Taf. II.

als zugeordnete Bewegungen die der 10 Finger beider Hände. Die Dauer der Wahlreactionen betrug, übereinstimmend mit den andern Beobachtungen, bei zweifacher Wahl 250—300$^\sigma$, bei 10 Eindrücken stieg sie auf durchschnittlich 650$^\sigma$. Dies entspricht einer Wahlzeit von 60—80$^\sigma$ im ersten, von 400$^\sigma$ im zweiten Fall[1]).

Etwas andere Bedingungen als in diesen Versuchen, in denen eine bestimmte Bewegung einem bestimmten Eindruck willkürlich zugeordnet war, treten dann ein, wenn man gewisse natürliche Zuordnungen benutzt, wie uns solche namentlich in den Schriftbildern der Buchstaben und Wörter und in den zugehörigen Sprachbewegungen oder auch, in einer minder festen Form, in der Beziehung von irgend welchen Gesichtsbildern, z. B. von Farben, von Gegenständen, zu unsern Benennungen derselben gegeben sind. Solche Versuche setzen demnach voraus, dass die Articulation des Mundes selbst als Reactionsbewegung verwendet wird. Schon Donders hat derartige Beobachtungen mitgetheilt; in größerer Zahl sind sie dann von Cattell ausgeführt worden[2]). Er fand folgende Mittelwerthe:

Beobachter:			B.	C.
R_{uw}	für	Farben	494	601
-	-	Bilder	477	545
-	-	Buchstaben	395	424
-	-	kurze Wörter	372	405

Vergleicht man diese Zeiten mit den oben für die Wahlreaction der Hand auf zwei Farben und Wörter erhaltenen, so ist ersichtlich, dass die Benennung einer beliebigen Farbe mehr Zeit erfordert als die Wahlreaction auf eine bestimmte unter zwei erwarteten, dass aber bei Wörtern kein merklicher Unterschied zwischen beiden Fällen gefunden wird, eine Thatsache, die sichtlich mit der innigen natürlichen Zuordnung von Sprachbewegungen und Wortbildern zusammenhängt. Cattell schätzt die nach Abzug der einfachen Reaction und der Unterscheidung zurückbleibende reine Benennungszeit für Farben auf 280—400, für Bilder auf 250—280, für Buchstaben auf 140—170, aber für kürzere Wörter nur auf 100—110$^\sigma$. Sind auch die absoluten Werthe dieser Zahlen wahrscheinlich sämmtlich um etwa 80$^\sigma$ zu groß, weil sich Cattell der muskulären Reactionsweise

1) Die von Merkel selbst berechneten Wahlzeiten sind unsicher, da bei ihnen eine Unterscheidungszeit in Rechnung gebracht ist, welche offenbar Versuchen mit verkürzter Reaction entnommen wurde. Auch lässt die abnorm geringe mittlere Variation vermuthen, dass Merkel von dem früher häufig angewandten Princip des Streichens solcher Versuche, die von den Mittelwerthen allzu weit abweichen, Gebrauch gemacht hat.

2) Donders, Archiv f. Anatomie und Physiologie, 1868, S. 657 ff. Cattell, Phil. Stud. III, S. 472 ff.

bediente und daher für die einfache Reaction zu geringe Werthe ansetzte, so können doch ihre relativen Größen als richtig angesehen werden, und wir würden demnach dann noch einmal so viel Zeit als für einen Buchstaben und beinahe dreimal so viel Zeit als für ein Wortbild gebrauchen, um für eine Farbe oder für ein geläufiges Gesichtsobject die zugehörige Wortarticulation zu finden.

Wenn in der obigen Darstellung zur Ermittelung der zeitlichen Verhältnisse apperceptiver Wahlacte zum Theil die Versuche solcher Beobachter herangezogen wurden, welche bei der einfachen und bei der Unterscheidungsreaction die muskuläre Reactionsweise befolgten, so stützt sich dies auf die unverkennbare Thatsache, dass auch in solchen Fällen bei dem Uebergang zu Wahlreactionen die sensorielle Reactionsform Platz greift. Das Hauptkriterium für diesen Uebergang liegt darin, dass, während die einfachen Reactionen in der früher angegebenen Weise nach der angewandten Reactionsmethode in zwei Gruppen sich sondern, die Wahlreactionen bei allen Beobachtern durchschnittlich gleiche Werthe aufweisen. So fand Tischer bei seinen neun Versuchspersonen folgende Mittel:

bei	*Wt.*	*B.*	*C.Wf.*	*Rl.*	*D.Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
R_{uw1} =	303	351,5	321	317	294	304	295	298	311
R =	137	143,5	107	117	107	135	107	118	115
U =	114	137	127,5	90	31	49	34	10	20,6
W =	52	71	86,5	110,3	134,5	128	154	170	178,5

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass die Wahlreactionen (R_{uw1}) annähernd constant sind, während bei den einfachen Reactionen (R) erhebliche Unterschiede stattfinden, was bei den sonst einfacheren Verhältnissen der letzteren unmöglich wäre, wenn hier nicht noch weitere modificirende Bedingungen hinzukämen. Ebenso ist es von vornherein unmöglich, dass die Unterscheidungsacte da, wo die einfache Reaction eine längere Zeit beansprucht, ebenfalls länger dauern, und dass dagegen die Wahlacte sich umgekehrt verhalten, so dass jedesmal lange Unterscheidungs- mit kurzer Wahlzeit und kurze Unterscheidungs- mit langer Wahlzeit verbunden wäre. Hieraus erhellt ohne weiteres, dass die berechneten Werthe U und W falsch sein müssen, und dass überall, wo die Reactionszeit muskulär ist, auch die Neigung besteht zu kurze Unterscheidungsreactionen auszuführen, wodurch die Werthe von U zu kurz und die von W zu lang gefunden werden. Dies bestätigt aber zugleich die oben gemachte Bemerkung, dass Individuen mit muskulärer Reaction beim Uebergang zu Wahlreactionen in der Regel von selbst zur sensoriellen Reaction übergehen, so dass in diesem Fall der einfache und der zusammengesetzte Reactionsvorgang nicht mit einander verglichen werden können. Das nämliche ergibt sich auch noch aus einer andern Erscheinung. Man beobachtet nämlich, dass sich bei Versuchspersonen mit muskulärer Reaction durch den Einfluss vorangegangener Wahlreactionen in der Regel die Zeit der einfachen Reaction verlängert[1]). Nun ist es eine allgemeine Erfahrung, dass

1) Tischer, Phil. Stud. I, S. 540.

man eine einmal angenommene Reactionsgewohnheit eine Zeit lang festhält, auch wenn die unmittelbar sie herbeiführenden Bedingungen zu wirken aufgehört haben. Die durch den Wahlvorgang aufgenöthigte Form der sensoriellen Reaction macht also in diesem Fall auch die nachfolgenden einfachen Reactionen zu mehr oder minder sensoriellen.

4) Associationen. Mit den Vorstellungen, welche durch äußere Sinneseindrücke geweckt werden, verweben sich fortwährend die Erinnerungsbilder früherer Vorstellungen, bald die unmittelbare Wahrnehmung ergänzend und mit ihr untrennbar verschmelzend, bald ihr selbständig gegenübertretend und dann durch ein Zeitintervall deutlich getrennt. Zieht sich unsere Aufmerksamkeit zurück von der sinnlichen Wahrnehmung, so beginnen nun die Erinnerungsbilder selbst mit einander zu wechseln. Die Gesetze dieses Wechsels mit Rücksicht auf den qualitativen Inhalt der Vorstellungen zu untersuchen, wird Aufgabe des nächsten Capitels sein; hier haben wir die zeitlichen Verhältnisse desselben kennen zu lernen. Die Frage nach der Dauer der Reproduction einer durch Association erweckten Vorstellung lässt sich nun namentlich für einen bestimmten Fall in exacter Weise beantworten, für den Fall nämlich, dass ein äußerer Sinneseindruck gegeben wird, welcher durch Association ein Erinnerungsbild wachruft. Hier kann, wenn die Zeit des Eindrucks genau bekannt, und durch parallelgehende Versuche die Zeit der Erkennung desselben bestimmt ist, die für die Reproduction erforderliche Zeit ermittelt werden, indem man von dem ganzen Zeitraum R_{ea}, welcher vom äußeren Reiz bis zum Eintritt des Erinnerungsbildes verfließt, denjenigen Theil R_e abzieht, welcher der Erkennungs- und Reactionszeit auf den directen Sinnesreiz entspricht. Es liegt nun aber keinerlei Grund vor anzunehmen, dass die Dauer, welche eine durch ein anderes Erinnerungsbild erweckte Vorstellung zu ihrer Reproduction gebraucht, von der hier beobachteten wesentlich verschieden sei; wir dürfen also voraussetzen, dass wir durch die angedeutete Methode über die Größe der Reproductionszeit und über deren Schwankungen in allgemeingültiger Weise Aufschluss gewinnen können.

Der ganze Vorgang der Association und Reproduction schließt aber offenbar wieder zwei Vorgänge ein: erstens die Hebung des Erinnerungsbildes in das Bewusstsein, und zweitens die Apperception der gehobenen Vorstellung. Beide Processe lassen sich nicht von einander trennen; doch ist von vornherein anzunehmen, dass beiden unter verschiedenen Bedingungen eine verschiedene Dauer zukommen wird. Nennen wir freie Associationen solche, bei denen eine beliebige Vorstellung zu dem gegebenen Sinneseindruck reproducirt werden darf, und bei denen man ohne Wahl und bei möglichst passivem Bewusstsein auf die zuerst aufsteigende Vorstellung reagirt, so wird hier der wesentlichste Theil des

Vorganges jedenfalls der Hebung des Erinnerungsbildes angehören, während sich die Apperception wohl nicht erheblich abweichend von anderen Erkennungsacten verhält. Bezeichnen wir dagegen als gezwungene Associationen solche, bei denen nicht jedes beliebige Erinnerungsbild, sondern ein solches, das mit dem gegebenen Eindruck in einer zuvor bestimmten Beziehung steht, erneuert werden soll, so sind hier wieder zwei wesentlich verschiedene Fälle, nämlich die eindeutig bestimmte und die mehrdeutig bestimmte Association, zu unterscheiden. Bei der ersteren kann nur eine Vorstellungsbeziehung in Frage kommen: so z. B. bei der Association einer Farbenbezeichnung zu dem Farbeneindruck, des Wortbildes zum Schriftbild, des Wortes einer gegebenen zu dem einer anderen Sprache u. dergl. Bei solchen eindeutigen Associationen wird sich der Vorgang nicht wesentlich anders als bei der freien verhalten, denn es wird die associirte Vorstellung zumeist diejenige sein, die sich auch bei der letzteren zunächst darbietet. Anders ist dies bei der mehrdeutig bestimmten Association, welche dann vorliegt, wenn innerhalb der gestellten Bedingung mehrere Vorstellungsbeziehungen möglich sind, wenn z. B. zu einer Vorstellung eine ihr coordinirte oder zu einem Gegenstand irgend ein Theil desselben, zu dem Verbum ein angemessenes Subject u. s. w. reproducirt werden soll. Hier wird muthmaßlich schon der Vorgang der Hebung der Vorstellung modificirt, indem er sich auf ein engeres Gebiet einschränkt, und er ist daher dem gleichen Process bei der freien Association nicht ohne weiteres gleichzusetzen. Namentlich aber wird der Vorgang der Apperception verändert: da im allgemeinen mehrere Vorstellungen und darunter auch solche, die der festgestellten Bedingung nicht entsprechen, gehoben werden können, so wird sich hier zu dem sonst allein vorhandenen Erkennungsact auch noch ein innerer Wahlact hinzugesellen können, und je nachdem dieser mehr oder minder ausgeprägt ist, wird ein solcher mehrdeutig bestimmter Associationsvorgang von einer sehr wechselnden Dauer sein.

Beginnen wir mit dem Vorgang der freien Association, so müssen bei diesem vor allem die äußeren Sinneseindrücke so gewählt werden, dass sie leicht auf die Reproduction erregend einwirken können. Zugerufene Worte oder die gesehenen Schriftbilder derselben entsprechen dieser Forderung am besten; es werden zudem am zweckmäßigsten einsilbige Worte gewählt, weil es für die Genauigkeit der Zeitbestimmungen wesentlich ist, dass der Eindruck möglichst kurz dauert. Die Versuche werden dann so angeordnet, dass jede Versuchsreihe drei Gruppen von Beobachtungen umfasst: 1) solche der einfachen Reaction R, 2) solche der Wortreaction R_e, d. h. der Zeit von dem Eintritt eines akustischen oder optischen Worteindrucks bis zu der nach der Apperception des Wortes

erfolgenden Bewegung, und 3) solche der Associationsreaction R_{ea}, d. h. der Zeit von dem Worteindruck bis zum Eintritt einer reagirenden Bewegung, welche in dem Momente ausgeführt wird, wo die durch Association reproducirte Vorstellung im Blickpunkt des Bewusstseins erscheint. Die Differenz $R_e - R = E$ ergibt dann wieder die Zeit der Worterkennung, die Differenz $R_{ea} - R_e = A$ aber entspricht der Associationszeit. Die folgende Tabelle enthält zunächst die Gesammtmittel der Beobachtungen, welche M. Trautscholdt gemeinsam mit R. Besser, G. Stanley Hall und mir ausführte, und in denen die Associationen durch zugerufene Worte angeregt wurden[1]).

Beobachter	R	mV	n	R_e	mV	n	R_{ea}	mV	n	E	A
R. B.	108	12	104	285	36	256	1,037	99	127	177	752
M. T.	116	10	88	173	23	336	0,896	168	125	57	723
S. H.	143	17	32	280	29	120	1,154	175	58	137	874
W. W.	196	9	40	303	26	80	1,009	128	40	107	706

Diese Resultate zeigen, dass die mittlere Associationszeit unter den hier gegebenen Bedingungen erheblich länger ist als die Unterscheidungszeit für Worte und ähnliche relativ einfachere Vorstellungen, indem sie in ihrer Größe der Apperceptionsdauer einer sehr zusammengesetzten Vorstellung, z. B. einer 5- bis 6stelligen Zahl, ungefähr nahe kommt (vergl. S. 370). Ferner ist ersichtlich, dass unter den drei in Vergleich gezogenen Vorgängen die Associationszeit, darin ähnlich der Wahlzeit, die geringsten individuellen Unterschiede zeigt, indem ein Mittelwerth von $0{,}72^s$ wohl als diejenige Größe betrachtet werden kann, von welcher die durchschnittlichen Zeiten verschiedener Individuen nur wenig abweichen[2]). Dieser Umstand weist darauf hin, dass auch bei dem Uebergang zur Associationsreaction bei den Beobachtern mit muskulärer Reaction die Reactionsform sich ändert. Da aber die Unterschiede der einfachen Reactionszeiten gegenüber der absoluten Größe der Associationsreactionen wenig in Betracht kommen, so werden bei sämmtlichen Beobachtern die berechneten Zeiten von den wirklichen nicht erheblich abweichen[3]). Trotz der Constanz der Mittelwerthe ist die mittlere Variation der Associationsreactionen

1) M. Trautscholdt, Phil. Stud. I, S. 213 ff.

2) Nur bei *S. H.* ist die Associationszeit eine merklich längere; hier macht aber die geringere Uebung in der deutschen Sprache die langsamere Association auf zugerufene deutsche Worte erklärlich.

3) Anders ist dies auch hier wieder bei den Erkennungszeiten, wo der Werth von 57^σ für *M. T.* auf verkürzte Reactionen hinweist. *R. B.* und *M. T.* reagirten offenbar beide muskulär; *R. B.* ging aber schon bei den Erkennungsreactionen, *M. T* erst bei den Associationsreactionen zur sensoriellen Reaction über. Darum ist *E* bei *R. B.* offenbar zu groß, bei *M. T.* zu klein.

begreiflicher Weise eine sehr erhebliche, da die Menge und Leichtigkeit der associativen Beziehungen bei den einzelnen Vorstellungen außerordentlich verschieden ist. Ein gewohntes oder in geläufigen Associationsbeziehungen stehendes Wort ruft natürlich rascher eine Reproduction hervor als ein seltener gebrauchtes oder relativ isolirtes. Dies zeigt deutlich die folgende Zusammenstellung beobachteter Minimal- und Maximalzeiten, denen ich die entsprechenden qualitativen Vorstellungsassociationen beifüge.

Beobachter	Kürzeste Associationszeit	Längste Associationszeit
R. B.	445 (Pflicht—Recht)	1132 (Lahm—Krücke)
M. T.	441 (Zeit—Zeitmessapparat)	1132 (Leim—Vogelfalle)
W. W.	341 (Sturm—Wind)	1190 (Staub—Sand)

Werden nicht, wie es oben geschah, die Mittel aus allen, sondern bloß diejenigen aus den häufigsten Associationen berechnet, so liegen diese Mittel der unteren dieser Zeitgrenzen viel näher als der oberen. So fand Kraepelin bei sich selbst 570^{σ}, bei Trautscholdt 400^{σ} als Mittel der frequentesten Associationen[1]). Die leichtesten Associationen sind also, was übrigens von vornherein erwartet werden konnte, immer auch die häufigsten.

Bringt man ferner die Associationen in gewisse Classen, so zeigen sich Unterschiede ihrer mittleren Dauer, welche charakteristische individuelle Abweichungen darbieten. Mit Rücksicht darauf, dass bei den oben beschriebenen Versuchen die Association stets von einer Wortvorstellung ausgeht, lassen sich in diesem Fall drei Hauptclassen unterscheiden: 1) Wortassociationen, bei denen lediglich ein bestimmtes Wort ein anderes vermöge häufiger Verbindung mit demselben reproducirt, wie z. B. bei der Ergänzung von Sturm zu Sturmwind; 2) äußere Vorstellungsassociationen, bei denen die dem Wort entsprechende Vorstellung eine andere reproducirt, mit der sie in äußerer Verbindung zu stehen pflegt, wie z. B. Haus und Fenster; 3) innere Vorstellungsassociationen, bei denen die durch das Wort erweckte Vorstellung eine andere reproducirt, die zu ihr in irgend einem begrifflichen Verhältniss, der Unter-, Ueber-, Nebenordnung, Abhängigkeit u. dergl., steht, wie z. B. Hund und Fleischfresser. Diese drei Classen der Association zeigten nach ihrer Zeitdauer und Zahl (n) bei den vier betheiligten Beobachtern folgende Verhältnisse:

Beobachter	Wortassociatonen	*n*	Aeußere Vorstellungsassociationen	*n*	Innere Associationen	[illegible]
R. B.	737	52	810	29	730	[illegible]
M. T.	762	50	701	42	691	[illegible]
S. H.	977	10	710	9	861	[illegible]
W. W.	623	12	864	8	687	[illegible]

1) Kraepelin, Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Straßburg, 1885.

Hier ist zunächst leicht verständlich, dass bei dem in der deutschen Sprache minder geübten Beobachter (*S. H.*) die Wortassociationen die längste Dauer beanspruchen. Auch die andern individuellen Abweichungen sind wohl auf ähnliche Verhältnisse zurückzuführen. So wird z. B. bei mir selbst durch die Gewöhnung an die sprachliche Darstellung der Gedanken eine größere Geschwindigkeit der Wortassociationen und der inneren Associationen begünstigt. Kraepelin constatirte außerdem allgemein ein großes Uebergewicht der gegenständlichen Vorstellungen: Substantiva bildeten bei ihm 90% aller associirten Wörter. Ebenso kam der Uebergang von abstracten zu concreten Wörtern 10mal häufiger vor als die entgegengesetzte Vorstellungsbewegung.

Die sämmtlichen hier unter dem Namen der Associationszeit ermittelten Werthe schließen nun aber, wie schon oben bemerkt, noch zwei wesentlich verschiedene Vorgänge ein: die Zeit der Hebung der Vorstellung, welche wir als die eigentliche Reproductionszeit bezeichnen wollen, und die Erkennungszeit für die reproducirte Vorstellung. Geht man in Bezug auf die letztere von der naheliegenden Voraussetzung aus, dass sie mit der Erkennungszeit einer äußeren Wortvorstellung (des zugerufenen Wortes) übereinstimmt, und setzt man die letztere nach der obigen Tabelle sowie nach den früheren Versuchen (S. 370) zu 100—130$^{\sigma}$ an, so würde als mittlere eigentliche Reproductionszeit ein Werth von 600—620$^{\sigma}$, als häufigste ein solcher von etwa 300—450$^{\sigma}$ zurückbleiben. Jedenfalls entfällt also der weitaus größere Theil der Associationsdauer auf die Hebung, der kleinere auf die Apperception der reproducirten Vorstellung.

Wesentlich andere Zeitverhältnisse bieten sich bei der gezwungenen Association dar. Sie scheidet sich aber wieder in die zwei auch in Bezug auf ihre Dauer einander diametral entgegengesetzten Fälle der eindeutig und der mehrdeutig bestimmten Associationen. Bei den ersteren liegen die Verhältnisse für den raschen Vollzug der Reproduction am günstigsten. Es handelt sich hier stets um Fälle, wo auch bei freier Association die reproducirte Vorstellung die nächstliegende gewesen wäre, und wo durch die gewohnheitsmäßige Einübung die betreffende Association zu einer vollkommen stabilen geworden ist. In der That findet man darum hier viel kleinere Zeitwerthe als bei den freien Associationen. So fand Cattell, dass man 250—400$^{\sigma}$ braucht, um ein Wort aus einer Sprache in eine andere etwas minder geläufige zu übersetzen, 350—400$^{\sigma}$, um zu einer bekannten Stadt das zugehörige Land, oder zu einem Monat die Jahreszeit, in die er fällt, oder den auf ihn folgenden Monat zu finden, während in Folge der ungewohnten Richtung der Association die Auffindung des unmittelbar vorangehenden Monats ungefähr die doppelte

Zeit braucht. Aehnlich kurze Zeiten beanspruchen einfache gewohnheitsmäßig eingeübte arithmetische Operationen, eine einfache Addition 220 bis 320, eine Multiplication 350—450$^{\sigma}$, u. s. w.[1]). Zieht man hier wieder für die Erkennung eine Zeit von 100—130 ab, so bleiben Zeitwerthe von 150—350$^{\sigma}$ als eigentliche Reproductionszeiten übrig. Die Dauer der Hebung einer Vorstellung bleibt also unter den günstigsten Verhältnissen nicht erheblich hinter der Erkennungszeit zurück.

Die mehrdeutig bestimmten Associationen lassen sich wieder nach der Menge der associirbaren Vorstellungen in zwei Gruppen trennen. Bei der ersten, bei welcher nur zwischen wenigen Vorstellungen eine Auswahl stattfinden kann, überschreiten die gefundenen Zeiten begreiflicher Weise nicht viel die Dauer der eindeutigen Associationen; der Vorgang kann hier, wenn noch dazu eine der associirbaren Vorstellungen vor der anderen begünstigt ist, vollständig in eine eindeutige Association übergehen. Bei der zweiten Gruppe dagegen, bei der die Zahl der möglichen Associationen eine sehr große ist, kann die gefundene Zeit auf das doppelte dieser Größe ansteigen. Dies erhellt aus den folgenden von Cattell bei sich selbst (*C.*) und Berger (*B.*) gefundenen Zahlen. Die Größe der mittleren Variationen ist in kleineren Ziffern, die Versuchszahl in Klammern beigefügt.

Erste Gruppe: eng begrenzte mehrdeutige Associationen.

	Bild — Theil desselben (52)							
B.	399	96	368	40	*C.* 447	162	415	69
	Bild — Eigenschaft des Gegenstandes (52)							
	358	105	325	49	372	121	370	78
	Wort (Gegenstandsbegriff) — Theil des Gegenstandes (26)							
	578	128	568	85	439	135	404	82
	Wort (Gegenstandsbegriff) — Eigenschaft des Gegenstandes (26)							
	436	157	390	109	337	100	291	69

Zweite Gruppe: weit begrenzte mehrdeutige Associationen.

	Classenbegriff — Beispiel (52)							
B.	727	216	663	102	*C.* 537	179	457	95
	Adjectiv — Substantiv (26)							
	879	278	823	186	351	86	307	41
	Verbum — Subject (26)							
	765	366	584	166	527	171	497	107
	Verbum — Object (26)							
	654	242	561	139	379	122	317	86

1) Cattell, Phil. Stud., IV, S. 242 ff.

Bei diesen Associationen nähern sich die Vorgänge schon denjenigen, die bei der Bildung logischer Urtheile stattfinden. Sie gehen vollständig in die letzteren über, wenn nicht nur die Kategorie, welcher die associirte Vorstellung angehören soll, determinirt ist, sondern wenn außerdem noch bestimmte intellectuelle Motive für die Wahl derselben maßgebend werden. Wo diese Motive von verhältnissmäßig einfacher Art sind, so dass das Urtheil keine zusammengesetzte Reflexion voraussetzt, da scheint die Zeit eines solchen Urtheils nicht merklich von der Dauer der soeben untersuchten mehrdeutigen Associationen abzuweichen. Schiebt sich dagegen ein Reflexionsact ein, so kann natürlich der Vorgang in unbestimmter Weise verlängert werden; auch ist die Messung eines so complicirten geistigen Actes deshalb ohne Interesse, weil es unmöglich ist denselben in die einzelnen elementaren Vorgänge zu zerlegen, aus denen er sich zusammensetzt. In der That ist diese Grenze schon bei den mehrdeutigen Associationen einigermaßen überschritten. Wenn die obigen Zahlen ergeben, dass die den logischen Urtheilsbildungen entsprechenden Associationen ungefähr noch einmal so viel Zeit erfordern als eindeutig bestimmte oder enger begrenzte Verknüpfungen, so lässt sich vermuthen, dass diese Verlängerung auf die Rechnung zweier Factoren zu schreiben ist, einerseits der Hebung mehrerer in associativer Beziehung stehender Vorstellungen, welche sich wechselseitig zu verdrängen streben, und anderseits eines inneren Wahlvorgangs, durch welchen die passende Association über die anderen obsiegt. Wie sich aber diese beiden Processe zeitlich zu einander verhalten, darüber lässt sich nichts aussagen.

Bei den einfachsten logischen Urtheilsacten dürfte der Bewusstseinsvorgang dem soeben besprochenen im wesentlichen gleichen. Solche einfachste Urtheile sind Subsumtionen, die sich an eine von außen gegebene Sinnesvorstellung, z. B. an eine Wortvorstellung, anschließen. Wird irgend ein Begriff gegeben, zu welchem der Classenbegriff, unter den er gehört, gefunden werden soll, so entspricht diese Aufgabe zunächst insofern einer der enger begrenzten Associationen der ersten Gruppe, als die Zahl der Classenbegriffe, die auf diese Weise auf einen gegebenen Einzelbegriff angewandt werden können, stets eine beschränkte ist. Aber das intellectuelle Motiv der zweckmäßigsten Subsumtion begründet doch zugleich einen wesentlichen Unterschied, da nun zwischen den sich aufdrängenden Allgemeinbegriffen ein ähnlicher Wahlvorgang wie bei der zweiten Gruppe der mehrdeutigen Associationen stattfindet. Dem entsprechend fand auch M. Trautscholdt hier ähnliche Zeitwerthe. Zugleich zeigten dieselben aber nach der Beschaffenheit des subsumirten Begriffs charakteristische Unterschiede. Am schnellsten wird nämlich regelmäßig die Subsumtion eines concreten Objectbegriffs, etwas langsamer die eines

Zustands- oder Thätigkeitsbegriffs, am langsamsten die eines abstracten Begriffs vollzogen, wie die folgende Uebersicht zeigt[1]).

	1. Concrete Objecte.	2. Zustandsbegriffe.	3. Abstracte Begriffe.	Gesammtmittel.
W.	823 (30)	854 (22)	847 (4)	865 (56)
B.	625 (35)	876 (16)	1250 (5)	917 (56)
T.	683 (36)	788 (14)	1046 (6)	839 (56)
				874

Hiernach ist die Dauer eines einfachen Urtheils ungefähr um $^1/_{10}$ Sec. länger als die einer freien Association. Ob diese Zeitdifferenz mehr auf Rechnung einer durch das im Bewusstsein vorhandene intellectuelle Motiv ausgeübten Hemmung der unpassenden Associationen oder eines inneren Wahlvorgangs zwischen den aufsteigenden Vorstellungen zu setzen ist, oder ob diese beiden Vorgänge vielleicht als ein einziger zusammenhängender Process aufzufassen sind, diese Frage wird möglicherweise durch eine Fortführung der Untersuchungen zu entscheiden sein.

5) Automatische Coordinationen. Alle Bewegungen, die einem bestimmten Sinneseindruck eindeutig zugeordnet werden, haben die Tendenz in Folge der Einübung automatisch zu werden. Während ursprünglich zum Eintritt der Bewegung eine Erkennung des Eindrucks und eine sich daran anschließende Wahl der Bewegung erforderlich war, fallen diese beiden psycho-physischen Vorgänge allmählich ganz hinweg, die reagirende Bewegung erfolgt vor oder gleichzeitig mit der Unterscheidung des Eindrucks, und sie erfolgt vermöge der gewohnheitsmäßigen Coordination völlig unwillkürlich. Schon bei dem einfachen Reactionsvorgang ist uns dieser Uebergang in eine automatische Coordination begegnet: er bestand hier in dem Uebergang der sensoriellen in die muskuläre Reaction. Die letztere zeigt in ihrer extremen Form alle Merkmale eines automatischen Vorgangs: die Apperception des Eindrucks und der reagirenden Bewegung ist nicht Bedingung für den Eintritt der Bewegung, sondern sie tritt erst ein, nachdem der Bewegungsimpuls bereits erfolgt ist.

Aehnliche automatische Coordinationen können nun aber in Folge einer längeren Einübung auch bei den Unterscheidungs-, Wahl- und wahrscheinlich sogar bei den eindeutig determinirten Associationsreactionen eintreten. Leicht geschieht dies namentlich bei Individuen, die sich schon bei der einfachen Reaction der verkürzten Reactionsweise bedienen; doch ist dies nicht immer der Fall, da Manche beim Uebergang zu Erkennungsacten, Andere wenigstens bei Wahl- und Associationsacten aus nahe

1) Trautscholdt, Phil. Stud., I, S. 245 ff.

liegenden Gründen zur sensoriellen Reactionsweise übergehen und dann manchmal die letztere auch noch bei den darauf folgenden Reactionen beibehalten[1]). Objective Bedingung für das Automatischwerden der zusammengesetzten Reactionen ist es ferner, dass die Zahl der Eindrücke, zwischen denen unterschieden, und der Bewegungen, zwischen denen gewählt werden soll, eine eng begrenzte sei, meistens auch, dass die Zuordnung einer Bewegung zu einem bestimmten Eindruck durch äußere Bedingungen begünstigt werde. So ist es z. B. leichter, die Reizung des rechten Fußes der Reaction der rechten Hand, des linken Fußes der linken Hand zuzuordnen, als umgekehrt; es ist leichter, mit einem starken Schall eine bestimmte Reactionsbewegung automatisch zu verbinden und bei einem schwachen Schall unbewegt zu bleiben, als umgekehrt, u. s. w.

Nach dem oben gesagten ist es selbstverständlich, dass bei vollständig eingetretenem Automatismus die beobachteten Zeiten nur noch eine physiologische Bedeutung haben: dieselben messen in diesem Fall Uebertragungszeiten innerhalb der nervösen Centralorgane, welche bei verschiedenen Coordinationen möglicherweise eine verschiedene Größe besitzen und daher für die Beurtheilung der Uebertragungs- und Leitungsverhältnisse von Werth sein können, mit den psycho-physischen Acten der Erkennung, Wahl, Association aber nichts zu thun haben. Ist die automatische Coordination noch keine vollständige, so wird allerdings in den beobachteten Zeiträumen noch ein Theil der psycho-physischen Acte erhalten sein, wegen des wandelbaren Verhältnisses, in welchem dies stattfinden kann, werden aber gerade solche mittlere Reactionen hier, wie schon bei der einfachen Reaction, am allerwenigsten zu irgend welchen Schlüssen verwerthbar sein. Ueber die physiologischen Verhältnisse der Leitung und Uebertragung geben sie keine Auskunft, weil noch ein unbestimmter Theil der psycho-physischen Vorgänge hinzukommt; auch auf diese lassen sie aber keine Folgerungen zu, weil sich niemals ermitteln lässt, welche der in einem Vorgang vereinigten elementaren Acte verkürzt oder ganz eliminirt wurden, und weil im allgemeinen vorauszusetzen ist, dass diese Acte überhaupt erst unvollständig abgelaufen sind, wenn die äußere Reaction erfolgt. Hierfür spricht namentlich der Umstand, dass, sobald einmal die Tendenz zu automatischen Coordinationen eingetreten ist, die zusammengesetzten Reactionszeiten sich so lange durch die so genannte Uebung zu verkürzen scheinen, bis die dem vollständigen Automatismus entsprechende Minimalzeit erreicht ist.

In den meisten Untersuchungen sind die Zeiträume der wirklichen psychischen Vorgänge und die Zeitverhältnisse dieser automatischen Coor-

---

1) Vgl. oben S. 366.

dinationen nicht aus einander gehalten. Von einzelnen Beobachtern wurden Reactionen, die durchgängig automatisch geworden waren, als Unterscheidungs- und Wahlacte aufgefasst; von andern wurden automatische Reactionen mit solchen, bei denen jene psycho-physischen Acte noch mitwirkten, zusammengeworfen. So erhielten z. B. DONDERS und DE JAAGER in verschiedenen Fällen folgende Zeitdifferenzen zwischen zusammengesetzter und einfacher Reaction, die sie demnach als Zeitwerthe der Unterscheidung und Wahl betrachteten[1]).

Art des Eindrucks	Gewählte Bewegung	Unterscheidungs- und Wahlzeit
1) Tastreiz, rechter und linker Fuß	Rechte und linke Hand	66σ
2) Lichtreiz, rothes und weißes Licht . . .	-	154
3) Schallreiz, 2 Vocalklänge	Wiederholung desselben Klangs	56
4) Schallreiz, 5 Vocalklänge	-	88

Die Einflüsse, welche die Verzögerung der Lichterregung bedingen, sind bei der hier in Abzug gekommenen einfachen Reaction schon in Rechnung gebracht; es ist daher kaum denkbar, dass der eigentliche Unterscheidungsact zwischen zwei Farben doppelt so viel Zeit wie die Unterscheidung zwischen zwei Hautstellen beansprucht. Wenn wir aber bedenken, dass es sehr leicht ist, den rechten Fuß der rechten und den linken Fuß der linken Hand zuzuordnen, dass dagegen die willkürliche Zuordnung einzelner Farben zu bestimmten Bewegungen schwerer gelingt, so ist das Resultat unmittelbar erklärlich: jene kleinere Zeit entspricht wahrscheinlich annähernd einer automatischen Coordination, diese größere einer wirklichen Erkennungs- und Wahlzeit. Ebenso erklären sich die Unterschiede zwischen 3) und 4) daraus, dass bei 2 Klängen leichter als bei 5 Klängen eine automatische Coordination herbeigeführt werden kann.

In noch höherem Grade tragen die meisten der von J. v. KRIES und F. AUERBACH erhaltenen Versuchsergebnisse die Merkmale automatischer Coordination an sich[2]). Diese Beobachter bedienten sich der Wahl zwischen Bewegung und Ruhe: sie ließen je zwei Eindrücke unregelmäßig mit einander wechseln und reagirten nur auf einen derselben mit der rechten Hand. So erhielten sie folgende Zeitdifferenzen zwischen zusammengesetzter und einfacher Reaction.

1) DE JAAGER, De physiologische Tijd bij psychischen Processen. Utrecht 1865.
2) Archiv f. Physiologie, 1877, S. 297 ff.

	Zeitdifferenzen A.	K.
Bei Localisation von Tastempfindungen	21	36σ
- Unterscheidung starker Tonreize	22	61
- - schwacher Tastreize	53	105
- - eines hohen Tones	19	49
- - - tiefen Tones	34	54
- - von Ton und Geräusch	23	46
- Localisation des Schalls	15	32
- Farbenunterscheidung (roth und blau)	12	34
- Unterscheidung der Richtung des Lichtes	11	17
- - - Entfernung der Objecte	22	80

Auch hier zeichnen sich wieder die räumlichen Localisationen durch auffallend kleine Zeiten aus. Nun ist es gewiss nicht wahrscheinlich, dass es schwerer ist einen hohen und einen tiefen Ton, ein rothes und ein blaues Licht als den Ort eines Schall- oder Lichteindrucks zu unterscheiden. Im letzteren Fall ist es aber sehr viel leichter, den Eindruck und die Bewegung automatisch zu coordiniren. Die kleinsten der in der obigen Tabelle enthaltenen Zahlen dürften daher den Zeitdifferenzen völlig automatischer Coordinationen entsprechen, während bei den größeren die Ausbildung derselben noch in der Entwicklung begriffen ist. Hierfür sprechen auch die auffallenden Verkürzungen der Zeiten, die in Folge der Uebung eintraten.

Offenbar ist der Uebergang von Verbindungen zwischen Sinneseindrücken und äußeren Bewegungen, welche ursprünglich durch psychische Unterscheidungs- und Willensacte vermittelt werden, in automatische Coordinationen, bei denen jene psychischen Zwischenglieder vollständig zum Verschwinden kommen, an sich ein Vorgang von hohem psychologischem Interesse. Spielt doch dieser Vorgang in der wirklichen Ausbildung unserer Bewegungen eine sehr wichtige Rolle. Bei jeder Einübung von Bewegungen findet in gewissem Grade ein solcher Uebergang statt. Wo die Bewegungen von zusammengesetzter Beschaffenheit sind, da ist meist zur ersten Einleitung derselben ein Erkennungs- und Willensact erforderlich, der weitere Vollzug geschieht dann aber vorwiegend automatisch. So bedarf der geübte Clavierspieler zur Umsetzung jedes einzelnen Notenbildes in eine Tastbewegung, der Handwerker zur Ausführung jeder einzelnen seiner Manipulationen keines besonderen Erkennungs- und Willensactes mehr, sondern die physiologischen Uebungsgesetze der nervösen Leitungsbahnen[1]) ermöglichen hier überall, nachdem eine Bewegungsreihe in Gang gekommen ist, die angemessene automatische Coor-

1) Vgl. I, S. 236, 279.

dination der einzelnen Bewegungen an die einzelnen Eindrücke. Indem die verkürzte Reaction in ihrer einfachen und zusammengesetzten Form das Studium der elementaren Erscheinungen solcher automatischer Coordination ermöglicht, bietet daher dieses Studium zugleich eine wichtige Aufgabe, bei deren planmäßiger Behandlung aber die psychisch vermittelten Reactionen ebenso auszuschließen sein werden, wie umgekehrt bei den letzteren der Eintritt automatischer Coordinationen nothwendig zu vermeiden ist.

Donders gebührt das Verdienst, den ersten Versuch zur Ermittelung der Zeit von Unterscheidungs- und Wahlacten mittelst der Reactionsmethode gemacht zu haben[1]). Neben der gewöhnlichen Bestimmungsweise der Reactionszeit (gegebene Bewegung auf bekannten Eindruck), die er als *a*-Methode bezeichnet, bediente er sich hauptsächlich noch zweier Verfahrungsweisen, von denen die eine im wesentlichen unseren Wahlversuchen zwischen zwei Bewegungen (*b*-Methode), die andere unseren Wahlversuchen zwischen Ruhe und Bewegung entsprach (*c*-Methode nach Donders); in der Regel wurden nicht dauernde, sondern momentane Eindrücke angewandt. Donders hat jedoch diesen Versuchen eine andere psychologische Deutung gegeben: er meinte, nur bei den *b*-Versuchen komme eine Unterscheidungs- und Willenszeit, bei den *c*-Versuchen aber nur die erstere in Betracht. Er glaubt daher die Differenzen *c*—*a* als die eigentlichen Unterscheidungszeiten, die Differenzen *b*—*c* aber als die Willenszeiten betrachten zu dürfen, eine Ansicht, welcher sich auch v. Kries und Auerbach angeschlossen haben[2]). Diese Interpretation der Versuche ist jedoch unzulässig. Die Ueberlegung, ob wir eine Bewegung ausführen sollen oder nicht, ist eben so gut eine Wahlhandlung wie die Ueberlegung, ob wir von zwei Bewegungen die eine oder die andere ausführen; sie ist nur von etwas einfacherer Art. Auch beobachtet man bei der Ausführung der Methode, wenn man die sensorielle Reactionsweise anwendet, deutlich, dass zwischen die Apperception der Vorstellung und die Ausführung der Bewegung noch eine Ueberlegung, ob eine Reaction vorzunehmen sei oder nicht, also eine Wahlhandlung sich einschiebt. Ueber die absolute Größe der Unterscheidungs- und Wahlzeiten unter bestimmten Bedingungen sowie über ihr gegenseitiges Verhältniss zu einander geben daher die Vergleichungen der nach den Methoden *b* und *c* gewonnenen Resultate gar keinen Aufschluss. Ueberdies sind, wie oben ausgeführt, sichtlich schon in den Versuchen von Donders und noch mehr in denjenigen von v. Kries und Auerbach automatische Coordinationen vorgekommen. Wenn aber v. Kries wiederholt versichert, dass er sich bei der *c*-Methode durchaus keines Wahlvorgangs bewusst werde[3]), so bildet das keine Widerlegung des obigen Einwandes. Denn diese Versicherung ist nach eingetretener automatischer Coordination vollkommen richtig; sie könnte dann freilich auch auf die *b*-Methode ausgedehnt werden, wo vielleicht nicht so schnell, aber mit der Zeit doch ebenso unausbleiblich, falls man nur zwei Eindrücke

1) de Jaager a. a. O. Donders, Archiv f. Anatomie u. Physiologie, 1868, S. 657.
2) v. Kries und Auerbach, Archiv f. Physiologie, 1877, S. 300.
3) v. Kries, Vierteljahrsschrift f. wiss. Phil. XI, S. 7.

zwei Bewegungen zuordnet, der Vorgang automatisch wird. Uebrigens ergibt sich das allmähliche Automatischwerden der Reactionen deutlich auch aus dem Einflusse, welchen die Uebung in den Versuchen von v. KRIES und AUERBACH geäußert hat. Aus den Versuchsreihen des ersten Tages ergaben sich bei ihnen als Unterscheidungszeiten für die Localisation von Tasteindrücken bei *A.* 64 und 117$^\sigma$, bei *K.* 153 und 109$^\sigma$, die Mittel aus den sämmtlichen Versuchen aller Tage waren aber schließlich nur 21$^\sigma$ bei *A.* und 36$^\sigma$ bei *K.*[1]). Da es sich hier um Beobachter handelt, die von Anfang an in derartigen Versuchen geübt sind, so ist es vollkommen einleuchtend, dass so enorme Verkürzungen nicht auf eine Uebung im gewöhnlichen Sinne, sondern nur auf eine totale Aenderung des Reactionsvorganges selbst bezogen werden können: anfänglich waren offenbar noch wirkliche Unterscheidungs- und Wahlacte, zuletzt aber nur noch reflexartige Verbindungen zwischen Eindruck und Bewegung vorhanden.

Es ließe sich nun allerdings noch eine Bedingung denken, unter welcher aus den verkürzten, aber noch nicht vollständig automatisch gewordenen Reactionszeiten die minimale Dauer gewisser psychischer Acte erschlossen werden könnte. Diese Bedingung würde dann erfüllt sein, wenn die Elimination der einzelnen psychischen Acte eine bestimmte und sicher nachzuweisende Reihenfolge einhielte, wenn also z. B. bei der DONDERS'schen *c*-Methode zuerst die Wahl- und dann die Unterscheidungszeit in Wegfall käme. Sobald man dann den Vorgang gerade in diesem Stadium untersuchte, so würde diese Methode, unter den gleichen Voraussetzungen aber auch die *b*-Methode, minimale Erkennungszeiten ergeben. In der That halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass bei dem Uebergang in die automatische Coordination diese Reihenfolge stattfindet, und es mögen daher die größeren der von v. KRIES und AUERBACH gefundenen Mittelwerthe annähernd wirklich solchen Minimalzeiten der Unterscheidung entsprechen. Aber abgesehen davon, dass für diese Reihenfolge der Elimination der sichere Nachweis fehlt, würde es immer noch zweifelhaft bleiben, bei welchem Punkte etwa noch ein kurzer Unterscheidungsact stattfindet, und bei welchem auch dieser, weil der ganze Vorgang automatisch geworden ist, auszufallen beginnt. Denn es ist keineswegs nothwendig oder auch nur wahrscheinlich, dass man an dieser Grenze erst bei den überhaupt erreichbaren Minimalzeiten der Reactionsdauer anlangt, sondern, nachdem schon der ganze Vorgang automatisch ist, bleibt eine weitere Verkürzung der Zeiten in Folge der rein physiologischen Erleichterung der Leitung in einer durch häufige Uebung bevorzugten Bahn immer noch möglich. Auf diese Weise fehlt uns jedes Mittel, aus dem objectiven Resultate der Versuche mit einiger Sicherheit zu entnehmen, ob und in welchem Maße bei demselben noch psycho-physische Vorgänge betheiligt gewesen sind. Es geht daraus abermals hervor, dass in Zukunft derartige Versuche niemals ohne die strengste Controle mittelst der Selbstbeobachtung ausgeführt werden sollten, und dass es bei der unsicheren Bedeutung der oben erwähnten Zwischenformen der Reactionsweise am angemessensten sein wird, auch bei den zusammengesetzten Reactionen die vollständige und die verkürzte Form streng von einander zu scheiden, um die erstere zur Untersuchung der psycho-physischen Mittelglieder, die letztere aber zur

1) Archiv f. Physiologie, 1877, S. 311.

Einübung automatischer Coordinationen und mittelst dieser zur Untersuchung der physiologischen Hülfsvorgänge zu verwenden.

Leider stehen uns Versuche der letzterwähnten Art, in denen psychische Acte absichtlich ausgeschlossen sind, noch nicht in dem Maße zu Gebote, um einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der numerischen Ergebnisse der früheren Versuche, die ohne Rücksicht auf diese Verhältnisse ausgeführt sind, abgeben zu können. Anfänge hierzu sind in einer noch nicht vollendeten Untersuchung von OSWALD KÜLPE gemacht, welche jedoch vorläufig in B... auf gewisse **simultane** Coordinationen zum Abschluss gelangt ist[1]). Wenn wir beide Hände im selben Moment zu bewegen suchen, so ist dies eine simultane automatische Coordination. Der Willensimpuls, der die Bewegung hervorbringt, ist an sich ein ungetheilter; aber wir werden annehmen dürfen, dass in den untergeordneten Centren eine Theilung der Bewegungsimpulse stattfindet. In Folge dessen werden beide Bewegungen zwar annähernd und für unsere Auffassung stets vollkommen gleichzeitig stattfinden; in Wirklichkeit kann doch noch die eine der anderen Bewegung um kleine Zeittheile voraus sein. In der That bestätigten dies die Beobachtungen, die mittelt des Fig. 227, S. ... dargestellten Chronographen ausgeführt wurden. Auch zeigten sie, dass der Zeitunterschied der Bewegungen ein regelmäßiger zu sein pflegt, indem in der Ueberzahl der Fälle entweder die rechte oder die linke Hand voraus ist, ... dass, wie es scheint, hierbei die Frage der Rechts- oder Linkshändigkeit ... Einfluss hat. Zugleich sind in bemerkenswerther, individuell constanter, ... bei verschiedenen Individuen wechselnder Weise die Richtung und die Gr... der Zeitdifferenz von der **Art** des Impulses abhängig. Erfolgte die coord... Bewegung in der Form der muskulären Reaction auf einen Schalleindruck, so dass also die Bewegung reflexartig eintrat, so waren die Zeitdifferenzen der coordinirten Bewegungen am kleinsten, sie waren größer bei sensoriellen Reactionen, und am größten bei willkürlichen Bewegungen, die an keinen vorhergehenden Sinneseindruck, sondern an einen spontanen Willensimpuls gebunden waren. Der absolute Werth der Zeitdifferenzen war überall ein sehr k..., verhielt sich aber individuell erheblich verschieden. Bei den zwei Beobachtern, von denen größere Versuchsreihen vorliegen, variiren die mittleren Zeitdifferenzen bei dem einen (G. LIPPS) je nach Art der Bewegung zwischen 5 und ..., bei dem andern (A. VIERKANDT) zwischen 8 und 22$^{\sigma}$. Natürlich lassen Versuche, bei denen es sich um coordinirte **Mitbewegungen** handelt, ... die Zeitdifferenzen bei **reflexartigen** Coordinationen, wie sie bei den gewöhnlichen Registrirversuchen eintreten können, keine unmittelbaren Schlüsse zu. Immerhin ist ersichtlich, dass die Unterschiede im letzteren Fall Gr... **von gleicher Ordnung** wie die bei der automatischen Mitbewegung beobachteten sind, was indirect den Schluss auf den automatischen Charakter ... verkürzten Reactionsformen bestätigt.

Ein von dem DONDERS'schen sowie dem meinigen abweichendes Verfahren zur Bestimmung der Erkennungs- uud Wahlzeiten haben TIGERSTEDT und BERGQVIST eingeschlagen[2]). Indem dieselben meiner Auffassung sich anschlossen, dass bei der *c*-Methode von DONDERS noch ein Wahlact vorhanden sei, modificirten sie die letztere in der Weise, dass sie in einer Anzahl von Ver-

1) Phil. Stud. VI, S. 514, VII, S. 147 ff.

2) TIGERSTEDT und BERGQVIST, Zeitschr. f. Biologie, XIX, S. 5 ff.

auf einen einfachen Lichtreiz, in einer andern auf zusammengesetzte Ein-
ke nach der c-Methode reagirten; der Unterschied entsprach dann voraus-
lich der Apperceptionszeit des zusammengesetzten Objects im Verhältniss
einfachen Eindruck. (Modificirte c-Methode.) In einer andern Versuchs-
e veränderten sie die von mir vorgeschlagene Unterscheidungsmethode
lethode) dahin, dass unregelmäßig wechselnd eine weiße Fläche und 1—3-
ige Zahlen dargeboten wurden; die Differenz sollte dann wieder einer Unter-
idungszeit entsprechen. (Modificirte d-Methode.) Beiderlei Versuche wurden
Tagesbeleuchtung angestellt, so dass die Einflüsse der bei FRIEDRICH's Ver-
ien (s. S. 370 f.) wirksamen Adaptation der Netzhaut an den Lichtreiz als hin-
fallend angesehen werden konnten. Doch gibt das Verfahren in beiden Fällen
ie merklichen Unterscheidungszeiten, da bei der Reaction auf eine weiße
he, wenn dieselbe unregelmäßig mit einer schwarzen Fläche wechselt,
nfalls ein Unterscheidungsact, nämlich der zwischen Schwarz und Weiß,
'findet. Bei den von TIGERSTEDT und BERGQVIST ausgeführten Versuchen haben
erdem jedenfalls vorzeitige Reactionen stattgefunden, was in diesem Falle
h bei der c-Methode nicht ausgeschlossen ist, indem hier unmittelbar nach-
ı erkannt wurde, dass der Eindruck zusammengesetzt sei, die Reaction
ttfinden kann, während die Art der Zusammensetzung, also die Beschaffenheit
· 1—3stelligen Zahl, erst nachher aus der Erinnerung bestimmt wird. Da nun
Erkennung, dass der Eindruck zusammengesetzt sei, in annähernd derselben
t geschehen kann, wie die, dass er einfach sei, so werden sich für den Fall vor-
tiger Reactionen die Differenzen beider Zeitwerthe nur wenig von Null entfer-
n. In der That ergab sich, dass diese Differenzen nach der modificirten
wie d-Methode in die Grenzen der Versuchsfehler fielen[1]).

Eine von den oben benutzten Verfahrungsweisen abweichende Methode zur
stimmung der Auffassungsdauer zusammengesetzter Gesichtsvorstellungen ist
erst von BAXT angewandt worden[2]). Sie beruht darauf, dass ein Gesichts-
ject um so länger auf das Auge einwirken muss, wenn es appercipirt werden
ll, je zusammengesetzter es ist. Wir können nun allerdings selbst beim
omentanen Blitz des elektrischen Funkens einen zusammengesetzten Eindruck
ffassen, hierbei kommt aber die beim Auge sehr lange dauernde Nachwirkung
es Reizes wesentlich in Betracht. BAXT suchte nun die letztere einigermaßen
durch zu eliminiren, dass er dem aufzufassenden Eindruck einen andern
lgen ließ, welcher, indem er ihn auslöschte, zugleich seine physiologische
achwirkung abschnitt. Indem dabei die Zeit zwischen dem Haupteindruck
nd dem zweiten, auslöschenden Reize mehrfach variirt wurde, konnte durch
'robiren diejenige Zwischenzeit der beiden Reize bestimmt werden, bei welcher
ben noch eine Wahrnehmung zu Stande kam. Die so gemessene Zeit ist nun
ber selbst bei gleich bleibender Complication des Eindrucks erheblich ver-
schieden, indem sie mit der Intensität des auslöschenden Reizes von $^1/_{40}$ bis
uf $^1/_{18}{}^s$ zunimmt. Hieraus lässt sich schließen, dass durch den nachfolgenden
Reiz die Entwicklung des Nachbildes nicht völlig aufgehoben wird, sondern
dass sich dieses um so leichter gegen jenen emporarbeitet, je schwächer er ist.
Aus diesem Grunde geben aber auch die nach dieser Methode gemessenen Zeiten

1) A. a. O. S. 37, 42.
2) BAXT, PFLÜGER's Archiv, IV, S. 325.

keinen Aufschluss über die wirkliche Apperceptionszeit, sondern sie werden nothwendig kleiner als die letztere ausfallen. In der That sind die von Baxt beobachteten Zeiträume beträchtlich kleiner als die oben gefundenen Erkennungszeiten. Doch nehmen auch hier die Zeiten, die ein Eindruck einwirken muss, um nachträglich erkannt zu werden, selbstverständlich mit der Zusammensetzung desselben zu, und insofern entsprechen dieselben wohl einigermaßen der relativen Erkennungszeit. So fand Baxt die Auslöschungszeit für einen Buchstaben = 30, für zwei = 44^{σ}. Als einfachere und complicirtere Curven als Objecte benutzt wurden, verhielten sich die gebrauchten Zeiten wie 1 : 5. Ebenso war die Ausdehnung des Eindrucks von Einfluss: große Buchstaben konnten z. B. schon bei einer Zeitdauer gelesen werden, bei der kleine nicht einmal als Buchstaben erkannt wurden; es ist aber wahrscheinlich, dass dies von der Accommodation des Auges herrührt, weil kleinere Objecte zu ihrer Erkennung eine schärfere Accommodation nöthig machen als große. Endlich übt der Contrast mit den übrigen im Blickfeld gelegenen Eindrücken eine gewisse Wirkung aus, indem die Zeit um so kürzer wird, je größer der Beleuchtungsunterschied des wahrzunehmenden Objectes von seiner Umgebung ist.

Aehnliche Versuche hat Cattell ausgeführt, wobei er jedoch den Eindruck nicht durch weißes Licht auslöschte, sondern durch einen schwarzen Schirm nach sehr kurzer, aber willkürlich variirender Zeit unterbrach[1]). Dabei sind natürlich die zur Erkennung erforderlichen Einwirkungszeiten noch viel kürzer als nach dem Auslöschungsverfahren, weil die Entwicklung des Nachbildes weit vollkommener von statten geht. Gleichwohl zeigte es sich auch hier, dass die zur Erkennung eines Objectes erforderliche Einwirkungszeit mit der zusammengesetzten Beschaffenheit desselben zunimmt, und Cattell benützte daher dieses Verfahren zu der Beantwortung der praktisch interessanten Frage über die relative Lesbarkeit der Buchstaben. Die Versuche bestätigten die weit größere Deutlichkeit des lateinischen (Antiqua-) gegenüber dem deutschen (Fractur-) Druck, während zugleich in beiden Schriftarten die einzelnen Buchstaben bedeutende Unterschiede zeigten[2]).

4. Apperception gleichzeitiger und rasch sich folgender Eindrücke.

In einer neuen Form werden die Bedingungen der Apperception complicirt, wenn eine Mehrheit gleichzeitiger oder sehr rasch auf einander folgender Eindrücke gegeben ist, welche entweder gleichzeitig oder successiv appercipirt werden können. Zunächst müssen hierbei, wenn mit Sicherheit eine der Aufeinanderfolge der Reize entsprechende successive Auffassung derselben stattfinden soll, bestimmte, großentheils von den Sinnesorganen abhängige Bedingungen der Dauer und des Verlaufs der Sinnesreizung erfüllt sein. Diese Bedingungen bestehen

1) Phil. Stud. III, S. 94 ff.
2) Ebend. S. 119.

darin, dass 1) jedem Eindruck eine gewisse Zeit gegeben ist, während deren er einwirkt, und dass 2) die Eindrücke durch hinreichend große Intervalle getrennt sind.

Die zur Auffassung erforderliche Dauer des Eindrucks ist nur für Schall- und Lichtreize mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Bei dem Knistergeräusch des elektrischen Funkens ist sie verschwindend klein; etwas länger ist sie bei regelmäßigen Klängen, bleibt aber immerhin, abgesehen von den höchsten Tönen, unter der Dauer zweier Doppelschwingungen[1]. Bei Lichteindrücken bestimmt zugleich die Intensität und Ausbreitung des Reizes die zu seiner Auffassung erforderliche Zeit. Annähernd scheint nämlich diese in arithmetischem Verhältnisse abzunehmen, wenn die Lichtstärken in geometrischem wachsen, und die nämliche Beziehung scheint zwischen der Ausdehnung der gereizten Netzhautfläche und der zur Auffassung erforderlichen Dauer der Reizung zu bestehen[2].

Zu dieser für jeden einzelnen Eindruck erforderlichen Dauer kommt nun bei der Apperception einer Reihe von Eindrücken die Trennung der einzelnen durch hinreichend große Zeitintervalle. Diese Zwischenzeit ist beim Gesichtssinn am längsten, beim Gehörssinn am kürzesten. So fand Mach[3] als Zeitintervall eben unterscheidbarer Eindrücke:

beim Auge	0,0470 Sec.
bei der Haut (des Fingers) .	0,0277 -
beim Ohr	0,0160 -

Die Zeit für das Gehör stimmt ziemlich genau mit der Geschwindigkeit von etwa $^1/_{60}$ Sec. überein, bei welcher die Schwebungen zweier Töne eben noch wahrgenommen werden können[4]. Bei hohen Knistergeräuschen, wie sie durch rasch nach einander überspringende elektrische Funken verursacht werden, fand jedoch Exner für das Ohr den erheblich kleineren Werth von 0,002^s. Ebenso wird beim Auge das eben unterscheidbare Intervall kleiner, bis zu 0,017^s, wenn schnell nach einander zwei etwas von einander entfernte Netzhautstellen durch einen Lichtblitz gereizt werden, und sich nun mit der Empfindung die Vorstellung einer Bewegung des Funkens verbindet. Im Gegensatze hierzu muss das Intervall zwischen zwei Eindrücken vergrößert werden, wenn diese verschiedenen Sinnesgebieten angehören; oft ist dasselbe dann außerdem davon abhängig, welcher der beiden Reize vorangeht. So fand Exner[5] die kleinste unterscheidbare Zeit:

---

1) Vgl. I, S. 451.

2) Exner, Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.-naturw. Cl. 2., LVIII, S. 596. Cattell, Phil. Stud. III, S. 100. Vgl. auch K. Petrén, Skandin. Archiv f. Physiol., IV, 1893, S. 421 ff.

3) Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.-naturw. Cl., 2., LI, S. 142.

4) Vgl. I, S. 438. 5) Pflüger's Archiv XI, S. 403.

zwischen	Gesichts- und Tasteindruck	0,071 Sec.
-	Tast- und Gesichtseindruck	0,050 -
-	Gesichts- und Gehörseindruck	0,160 -
-	Gehörs- und Gesichtseindruck	0,060 -
-	Geräuschempfindungen der beiden Ohren	0,064 -

Die Verschiedenheit des Intervalls je nach der Reihenfolge der Eindrücke erklärt sich offenbar aus der verschiedenen Dauer des Ansteigens und der Nachwirkung der Reizungen, wie dies namentlich die bedeutende Verlängerung bei vorangehendem Gesichtseindruck beweist. Hierdurch kommt es auch, dass, wenn ein Lichtreiz gleichzeitig mit einem Schall- oder Tastreiz auf uns einwirkt, wir geneigt sind, letzteren zuerst zu appercipiren. Immerhin tritt dies keineswegs ausnahmslos ein, sondern es kann auch hier selbst dann noch der Lichteindruck früher zur Apperception gelangen, wenn er in Wirklichkeit nachfolgt. Solche Verschiebungen der Aufeinanderfolge sind, wie wir früher fanden, sowohl zwischen disparaten wie zwischen gleichartigen Sinneseindrücken möglich (S. 355). Bedingung zu dem Eintritt der Erscheinung ist stets, dass die Aufmerksamkeit vorzugsweise der einen der beiden Vorstellungen zugekehrt sei, wobei dann außerdem die Stärke des Reizes seine Bevorzugung begünstigt. Anderseits können beide Eindrücke nur dann bei sehr gespannter Aufmerksamkeit gleichzeitig in den Blickpunkt des Bewusstseins treten, wenn dieselbe möglichst gleichmäßig auf die zwei Eindrücke gerichtet ist. Ein Fall dieser Art liegt in jenen Versuchen vor, wo man einen signalisirten Eindruck möglichst gleichzeitig zu registriren sucht (S. 350). Wir sahen, dass sich hier nicht nur in der Selbstbeobachtung die Auffassung der verschiedenen Sinne meistens als eine gleichzeitige darstellt, sondern dass auch zuweilen die Registrirung wirklich eine durchschnittlich gleichzeitige ist, indem sie bald positive bald negative Werthe annimmt.

Dies führt uns auf die zeitliche Lagebestimmung von Vorstellungen, welche gleichzeitigen oder durch ein verschwindend kurzes Intervall getrennten Eindrücken entsprechen. Es ist für das Wesen der Zeitanschauung beachtenswerth, dass von den drei denkbaren Fällen, Gleichzeitigkeit, stetigem und unstetigem Uebergang, in diesem Falle nur der erste und der letzte vorkommt, nicht der zweite. Sobald wir die Eindrücke nicht gleichzeitig auffassen, wobei wir sie in eine Complexion vereinigen, bemerken wir immer eine kürzere oder längere Zwischenzeit, die dem Sinken der einen und dem Steigen der andern Vorstellung zu entsprechen scheint. Unsere Aufmerksamkeit kann sich möglicherweise zwei Eindrücken gleichmäßig anpassen: dann treten diese in eine Vorstellung zusammen. Oder sie kann nur einem Eindruck genügend adaptirt sein, um denselben sehr rasch nach seiner Einwirkung zu apper-

cipiren: dann hat der zweite Eindruck eine gewisse Zeit der Latenz nöthig, während deren die Spannung der Aufmerksamkeit für ihn wächst und sich für den ersten vermindert. Die Eindrücke werden daher nun als zwei wahrgenommen, die in dem Verhältniss der Succession zu einander stehen, d. h. durch ein Zeitintervall getrennt sind, in welchem die Aufmerksamkeit auf keinen zureichend adaptirt ist, um ihn zur Apperception zu bringen. Für die Bewegung der Aufmerksamkeit sind diese Thatsachen von großer Wichtigkeit. Wir haben uns diese Bewegung als Wanderung eines Blickpunktes von wechselnder Ausdehnung und von einer im umgekehrten Verhältniss zur Ausdehnung wechselnden Helligkeit über das Blickfeld gedacht. Die successive Anpassung an verschiedene Eindrücke können wir uns nun so vorstellen, dass sich der innere Blickpunkt, wenn er von einer Vorstellung zu einer andern übergeht, immer zuerst über einen beträchtlichen Theil des ganzen Blickfeldes ausdehnt und hierauf an einer andern Stelle desselben wieder verengert. Auch darin verhält sich also das innere Blickfeld wesentlich verschieden von dem äußern des Auges. Von einem ersten zu einem davon entfernten zweiten Lichteindruck können wir nur übergehen, indem der Fixationspunkt zwischenliegende Eindrücke streift. Wenn aber die Apperception von einer Vorstellung zur andern eilt, so verschwindet dazwischen alles in dem Halbdunkel des allgemeinen Bewusstseins.

Verwickelteren Bedingungen begegnet die Apperception gleichzeitiger Eindrücke, wenn eine stetige Folge von Eindrücken gegeben ist und in diese nun irgend ein anderer Eindruck eingeschoben wird. Hier entsteht die Frage: mit welchem Glied der stetig ablaufenden Vorstellungsreihe wird die hinzutretende Vorstellung durch die Apperception verbunden?

Auch hier ist der hinzutretende Eindruck entweder ein gleichartiger oder ein disparater Reiz. Ist derselbe gleichartig, tritt z. B. ein Gesichtsreiz in eine Reihe von Gesichtsvorstellungen, ein Schallreiz in eine Reihe von Gehörsvorstellungen, so vermag zwar die Apperception die Reihenfolge der Vorstellungen zu verschieben. Solches findet aber ganz innerhalb der engen Grenzen statt, in denen sich dies bei der Einwirkung zweier isolirter Eindrücke ereignen kann, so dass zwischen der Verbindung der Vorstellungen und der wirklichen Verbindung der Eindrücke keine oder kaum merkliche Differenzen gefunden werden. Ist dagegen der hinzutretende Eindruck ein disparater Reiz, so ergeben sich sehr bedeutende Zeitverschiebungen der Vorstellung. Da wir die Verbindungen ungleichartiger Vorstellungen Complicationen nennen[1], so mögen die Versuche,

[1] Vgl. unten Cap. XVII, 1. Ueber die Complicationsmethode im allgemeinen vgl. Phil. Stud. I, S. 34 ff.

die sich auf die zeitliche Ordnung solcher gleichzeitig einwirkender verschiedenartiger Eindrücke beziehen, hier kurz als *Complicationsversuche* bezeichnet werden.

Am zweckmäßigsten wählt man bei denselben als stetige Vorstellungsreihe Gesichtsvorstellungen, welche man sich leicht mittelst eines bewegten Objectes verschaffen kann, und als hinzutretenden disparaten Eindruck einen Schallreiz. Man lässt z. B. vor einer kreisförmigen Scala einen Zeiger mit gleichförmiger und hinreichend langsamer Geschwindigkeit sich bewegen, so dass die Einzelbilder desselben nicht verschmelzen, sondern seine Stellung in jedem Momente deutlich aufgefasst werden kann. Dem Uhrwerk, welches den Zeiger dreht, gibt man eine solche Einrichtung, dass bei jeder Umdrehung ein einmaliger Glockenschlag ausgelöst wird, dessen Eintrittszeit beliebig variirt werden kann, indess der Beobachter niemals zuvor weiß, wann der Glockenschlag wirklich stattfindet. Noch vortheilhafter ist die Benutzung eines *Pendels*, welches durch ein Uhrwerk getrieben wird und jedesmal bei seiner Schwingung einen Schallreiz auslöst, der wieder willkürlich mit irgend einer Stellung des vom Pendel bewegten Zeigers combinirt werden kann. Es sind nun bei diesen Beobachtungen drei Dinge möglich: Entweder kann der Glockenschlag genau im selben Moment appercipirt werden, in welchem der Zeiger zur Zeit des Schalls steht; in diesem Fall findet also keine Zeitverschiebung statt. Oder der Schall kann mit einer späteren Zeigerstellung combinirt werden: dann werden wir, falls der Zeitunterschied so bedeutend ist, dass er nicht bloß auf die Fortpflanzungsvorgänge bezogen werden kann, eine Zeitverschiebung der Vorstellungen annehmen müssen, die wir in diesem Fall *positiv* nennen wollen. Endlich kann aber auch der Glockenschlag mit einer Zeigerstellung combinirt werden, welche früher liegt als der wirkliche Schall: hier werden wir die Zeitverschiebung als eine *negative* bezeichnen. Das scheinbar natürlichste, am meisten der Voraussicht gemäße scheint nun die positive Zeitverschiebung zu sein, da zur Apperception immer eine gewisse Zeit erfordert wird. Man könnte daher denken, dass diese Versuche sogar die einwurfsfreieste Methode abgeben möchten, um die wirkliche Apperceptionsdauer beim Wechsel disparater Vorstellungen zu bestimmen, weil bei ihnen die bei den Reactionsversuchen mitwirkenden rein physiologischen Factoren am wenigsten ins Spiel kommen. Aber der Erfolg zeigt, dass gerade das Gegentheil richtig ist. Der häufigste Fall ist es, dass die Zeitverschiebung *negativ* wird, dass also der Schall anscheinend früher gehört wird, als er wirklich stattfindet. Seltener ist sie null oder positiv. Zu bemerken ist übrigens, dass bei allen diesen Versuchen die sichere Combination des Schalls mit einer bestimmten Zeigerstellung eine gewisse Zeit erfordert, und dass dazu niemals eine einzige

Umdrehung des Zeigers genügt. Es muss also die Bewegung eine längere Zeit hindurch vor sich gehen, wobei auch die Schalleindrücke eine regelmäßige Reihe bilden, so dass immer ein gleichzeitiges Ablaufen zweier disparater Vorstellungsreihen, einer continuirlichen und einer durch leere Zeitstrecken unterbrochenen, stattfindet, deren jede durch ihre Geschwindigkeit die Erscheinung beeinflussen kann. Dabei bemerkt man, dass zuerst der Schall nur im allgemeinen in eine gewisse Region der Scala verlegt wird, und dass er sich erst allmählich bei einer bestimmten Zeigerstellung fixirt. Ein auf solche Weise durch Beobachtung bei mehreren Umdrehungen zu Stande gekommenes Resultat bietet übrigens noch keine zureichende Sicherheit. Denn zufällige Combinationen der Aufmerksamkeit spielen hier eine große Rolle. Wenn man sich vornimmt, den Glockenschlag mit irgend einer willkürlich gewählten Zeigerstellung zu verbinden, so gelingt dies nicht schwer, falls man nur diese Stellung nicht zu weit von dem wirklichen Ort des Schalls wählt. Verdeckt man ferner die ganze Scala mit Ausnahme eines einzigen Theilstrichs, vor welchem man nun den Zeiger vorbeigehen sieht, so ist man geneigt, den Glockenschlag gerade mit dieser wirklich gesehenen Stellung zu combiniren, und zwar kann dabei leicht ein Zeitintervall von mehr als $^1/_4$ Secunde ignorirt werden. Brauchbare Resultate lassen sich also nur aus lange fortgesetzten zahlreichen Versuchen gewinnen, in denen sich solche unregelmäßige Schwankungen der Aufmerksamkeit immer mehr ausgleichen, so dass die wahren Gesetze ihrer Bewegung deutlich hervortreten können. In andern Versuchen kann dem Schallreiz eine andere zur Reihe der Gesichtseindrücke ungleichartige Sinneserregung, z. B. ein Tast- oder elektrischer Hautreiz, substituirt werden. Von besonderem Interesse aber ist es, mehrere Complicationen gleichzeitig zu bilden, also z. B. einen Schall- und Tastreiz oder neben diesen auch noch einen elektrischen Hautreiz einwirken zu lassen, und den Einfluss dieser wachsenden Zusammensetzung der Eindrücke auf die etwa eintretende Zeitverschiebung zu beobachten. Endlich kann bei dieser Zunahme der Eindrücke noch der Hinzutritt gleichartiger mit demjenigen ungleichartiger Reize verglichen werden. Hat man z. B. die Zeitverschiebung bei einem elektrischen Hautreiz geprüft, so lässt sie sich in andern Versuchen für 2 oder 3 in eine simultane Gesammtvorstellung verschmolzene Hautreize feststellen u. s. w. Bezeichnen wir diese Verbindung gleichartiger Eindrücke als gleichartige Association, so kann demnach diese letztere ganz ähnlich wie die Complication untersucht werden.

Gehen wir aus von dem einfachsten dieser Fälle, von der Complication der in allen Versuchen unverändert bleibenden Reihe der Gesichtseindrücke mit einer ungleichartigen Vorstellung, so ergibt sich hier als constantes

Resultat, dass innerhalb mäßiger Grenzen der Geschwindigkeit die Zeitverschiebung stets negativ ist, d. h. der hinzutretende Reiz wird vor dem mit ihm gleichzeitigen Gesichtseindruck appercipirt. Wächst die Geschwindigkeit der auf einander folgenden Gesichtseindrücke, so nimmt diese Verschiebung ab; sie wurde in meinen Beobachtungen null, wenn das Intervall zwischen zwei Gesichtszeichen $^1/_{36}{}^s$ und gleichzeitig das Intervall zwischen den Gehörseindrücken 1^s betrug. Bei noch größerer Geschwindigkeit wurde die Zeitverschiebung positiv, doch war hier sehr bald die Grenze erreicht, bei der eine deutliche Unterscheidung der Gesichtszeichen nicht mehr möglich war. Einen auffallenden Einfluss hat außerdem die Geschwindigkeitsänderung. Bei zunehmender Geschwindigkeit wächst nämlich die negative Zeitverschiebung, und bei abnehmender nimmt sie ab und kann endlich in eine positive übergehen[1]). Doch zeigt die Größe dieser Aenderungen individuelle Unterschiede. So konnte W. von Tchisch selbst bei den größten von ihm untersuchten Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsänderungen bei der Complication mit einem Eindruck immer nur negative Zeitverschiebungen beobachten[2]). Zugleich fand dieser Beobachter, dass Tasteindrücke, und zwar sowohl Druck- wie elektrische Hautreize, die nämliche Größe der Zeitverschiebung ergeben, so dass der Vorgang als unabhängig von dem speciellen Sinnesgebiet betrachtet werden kann

Tritt nun zu der ersten Complication noch eine zweite hinzu, verbindet sich also z. B. mit dem Schall- ein gleichzeitiger Tasteindruck, so werden die beiden letzteren stets simultan aufgefasst; die Zeitverschiebung nimmt nun im Vergleich mit der einfachen Complication beträchtlich ab, doch bleibt sie im allgemeinen noch negativ. Die Beobachtung zeigt außerdem, dass sich hierbei verschiedenartige Eindrücke in einem Sinnesgebiet ebenso wie disparate Reize verhalten. Man erhält also die nämliche Verminderung der Zeitverschiebung, wenn man statt eines Schall- und Tastreizes zwei verschiedenartige Schallreize, z. B. einen Glockenton und einen Hammerschlag, oder zwei verschiedenartige Tastreize, einen Druck und einen elektrischen Hautreiz, mit einander verbindet. Diese Thatsache macht es leicht, die Zusammensetzung der Complication noch weiter zu steigern. Fügt man demgemäß zu den vorigen noch einen dritten ungleichartigen Eindruck, z. B. zu dem Schall- und Druckreiz einen elektrischen Hautreiz, so nimmt nun die Zeitverschiebung regelmäßig positive Werthe an, und die Größe der letzteren wird noch etwas vermehrt, wenn man zu einer Complication vierten Grades (mittelst eines zweiten ungleichartigen Schallreizes) übergeht.

---

1) Vgl. dieses Werk, 2. Aufl., II, S. 266 ff.
2) W. von Tchisch, Phil. Stud., II, S. 603 ff.

Qualitativ ähnlich dem hier geschilderten gestaltet sich der Verlauf der Erscheinungen, wenn man zu der primären Complication successiv nicht disparate sondern gleichartige Eindrücke hinzufügt. Dies lässt sich am einfachsten mit Hülfe elektrischer Hautreize ausführen. Verwendet man zur primären Complication einen einfachen elektrischen Hautreiz, so kann dieser Process zunächst mit einer gleichartigen Association verbunden werden, wenn man noch einen zweiten ähnlichen und simultan einwirkenden Reiz an einer andern Hautstelle nimmt; auf dieselbe Weise können zu dieser ersten durch Vermehrung der distincten Hautreize weitere gleichartige Associationen treten. Die Eindrücke auf die Tastfläche werden dann, wenn man nicht allzu entfernt liegende Stellen reizt, wenn man sich also z. B. auf verschiedene Punkte beider Hände beschränkt, zu einer Gesammtvorstellung verbunden, so dass diese Association derjenigen Form entspricht, welche wir unten als extensive Verschmelzung unterscheiden werden. (Cap. XVII, 1.) Auch hier erfolgt nun bei der Hinzufügung eines zweiten Eindrucks zu der primären Complication eine Abnahme der Zeitverschiebung, und diese Abnahme wird noch größer bei einem dritten und vierten Eindruck; aber quantitativ ist die Veränderung viel geringer als im vorigen Falle, so dass selbst bei drei zur primären Complication hinzugekommenen gleichartigen Eindrücken die Zeitverschiebung negativ bleibt. Beide Formen der Zusammensetzung lassen sich nun weiterhin in beliebiger Weise mit einander combiniren: man kann also die primäre Complication gleichzeitig durch weitere Complicationen und durch einzelne Verschmelzungen verändern. In solchen Fällen besteht dann der resultirende Einfluss auf die Zeitverschiebung aus einer Addition der einzelnen Einflüsse, welche die zusammenwirkenden Complicationen und Verschmelzungen für sich hervorgebracht haben würden.

Die Fig. 229 veranschaulicht diese Verhältnisse an drei charakteristischen Beispielen. Dieselbe bezieht sich auf Versuche ohne Geschwindigkeitsänderung: die Eindrücke fielen also mit dem Durchgang des benutzten Pendelapparates durch seine Gleichgewichtslage (Nullstellung des Zeigers) zusammen. Die negativen Zeitverschiebungen sind durch negative, die positiven durch positive Ordinaten zur Abscissenlinie *XY* dargestellt. Die Zeitwerthe der Ordinaten sind in Zehntausendtheilen einer Sec. beigefügt, und zwar sind hierzu die Mittelwerthe aus den drei benutzten Geschwindigkeiten (5,69 — 7,25 — 10,30°) genommen worden. Die Curve *a* entspricht einer Reihe reiner Complicationen bis zu 4 Eindrücken: bei 1 liegt die Zeitverschiebung der primären Complication, bei 2, 3 und 4 sind die entsprechenden Werthe einer doppelten, einer drei- und vierfachen Complication aufgetragen. Die Curve *b* entspricht einem successiven Hinzutritt von drei gleichartigen Associationen

(bei 2, 3 und 4) zur primären Complication (1). Endlich die Curve c stellt die Ergebnisse einer Versuchsreihe dar, in welcher zur primären Complication zuerst eine gleichartige Association hinzutrat (2), worauf sich dann drei weitere Complicationen (3, 4, 5) anschlossen. Aus dieser Darstellung erhellt unmittelbar der stärkere Einfluss, den die fortschreitende Complication eines Eindrucks im Vergleich mit dem Wachsthum desselben durch gleichartige Associationen ausübt, und zugleich die allmähliche Verminderung der Wirkung in beiden Fällen mit der Vermehrung der Zahl neuer Eindrücke.

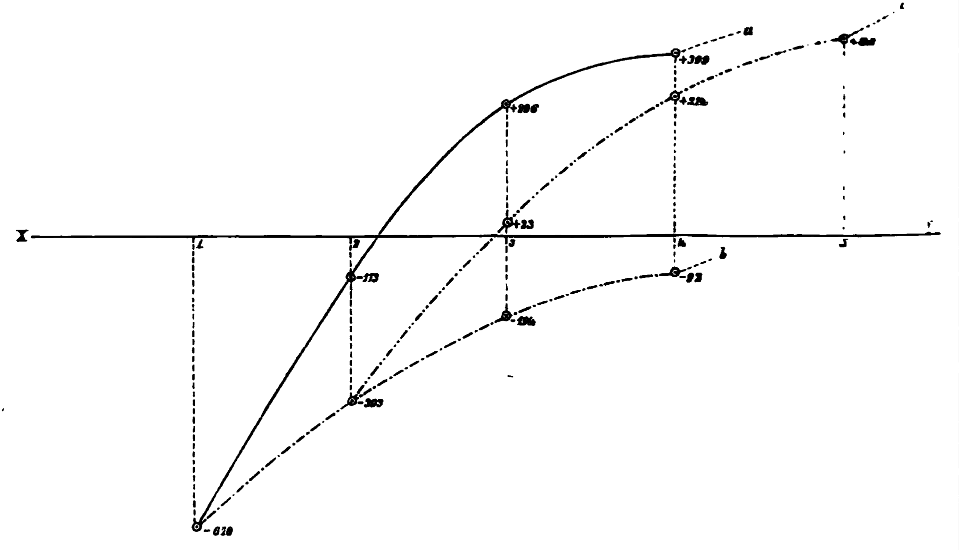


Fig. 229.

Die Interpretation dieser Ergebnisse wird von der Erwägung ausgehen können, dass bei der Complication eines ungleichartigen Reizes mit einer Reihe sich gleichmäßig folgender Gesichtszeichen die einfachsten und darum leichtesten Bedingungen für die Apperception des disparaten Eindrucks gegeben sind. Bei dieser Einordnung eines Sinneseindrucks in eine ungleichartige Vorstellungsreihe kann jener mit jedem beliebigen Glied der Reihe combinirt werden, so lange man die Grenzen nicht überschreitet, wo für unsere Zeitauffassung die zeitliche Trennung der Reize deutlich bemerkbar wird. Von vornherein existirt also nicht eine feste zeitliche Zuordnung, sondern eine innerhalb der Grenzen, welche der Genauigkeit des Zeitsinns in diesem speciellen Fall zukommt, variable. Zugleich findet aber, wie die Selbstbeobachtung deutlich zeigt, nicht etwa ein Wechsel in der Auffassung der disparaten Sinneseindrücke in der Weise statt, dass

im Moment der Apperception des Schalls die Auffassung der Gesichtseindrücke unterbrochen wird, um sich dann erst diesen wieder zuzuwenden, sondern die Reihe derselben läuft vollkommen stetig und ebenso ungestört ab, als wenn keine Complication stattfände, und bei einem bestimmten Punkte verbindet sich mit dieser Reihe der simultane Eindruck zu einer vollkommen simultanen, nicht successiven Gesammtvorstellung[1]). Innerhalb jener durch die Genauigkeit des Zeitsinns bestimmten Grenzen variabler Zuordnung der Eindrücke ist nun offenbar das scheinbare Zusammenfallen der Eindrücke nicht mehr von ihrem wirklichen Zusammenfallen, sondern einzig und allein von dem Spannungswachsthum der Aufmerksamkeit abhängig. Dieses Spannungswachsthum wird naturgemäß durch die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher die beiderlei Eindrücke. sowohl die complicirenden Reize wie die Reize der Gesichtszeichen, auf einander folgen. Bei einer großen Geschwindigkeit der ersteren kann sich die Anpassung der Aufmerksamkeit gerade von einem Eindruck zum andern vollenden: hier ist daher die Zeitverschiebung durchschnittlich null. Bei noch größerer Geschwindigkeit ist die Anpassung noch nicht vollendet; bei den gewöhnlichen mäßigeren Geschwindigkeitsgraden aber ist sie früher vollendet, daher die negative Zeitverschiebung als die regelmäßige Erscheinung sich einstellt. Außerdem ist die Anpassungsgeschwindigkeit auch von der Succession der Gesichtsvorstellungen abhängig, mit denen sich der disparate Eindruck complicirt. Sie ist größer, wenn dieselben rascher, kleiner, wenn sie langsamer auf einander folgen, indem unwillkürlich der Spannungswechsel von der Succession der ablaufenden Vorstellungsreihe bestimmt wird; daher die größte negative Zeitverschiebung bei verhältnissmäßig langsamer Succession. Aus ähnlichen Bedingungen erklärt sich endlich der in unsern Versuchen auftretende Einfluss der Geschwindigkeitsänderung. Der Aufmerksamkeit wird es um so schwerer, den hinzutretenden Eindruck mit einer bestimmten unter den Gesichtsvorstellungen zu combiniren, mit je größerer Geschwindigkeit sich die Reihe der letzteren bewegt. Wir sind daher geneigt, wo die Geschwindigkeit der

---

1) Die von W. James (Psychology I, p. 410 ff.) sowie von J. R. Angell und A. H. Peirce (Amer. Journ. of Psychol. IV, p. 529 ff.) dem Phänomen der Zeitverschiebungen gegebenen Interpretationen halte ich schon deshalb für unzutreffend, weil sie beide eine solche Succession annehmen: sie interpretiren damit etwas in die Erscheinung hinein was absolut nicht wahrzunehmen ist. Uebrigens vermag ich nicht zu beurtheilen, inwieweit etwa bei den Versuchen der letztgenannten Beobachter, die theils wegen ihrer geringen Anzahl, theils in andern Bedingungen, z. B. in der langsameren Zeitfolge der Schalleindrücke, von den obigen abwichen, zum Theil noch andere Momente maßgebend gewesen sind. James, der in gewohnter Weise die Versuche erklärt, ohne sie aus eigner Erfahrung zu kennen, ist der Meinung, meine Erklärung der Erscheinung bestehe darin, dass ich annehme, der Schall werde bei der negativen Zeitverschiebung in Folge einer »Hallucination« wahrgenommen. Dass dies irrig ist, brauche ich für den aufmerksamen Leser wohl nicht erst zu bemerken.

Gesichtszeichen ungleichförmig ist, den Schall mit einem der langsameren zu verbinden. So kommt es, dass die negative Zeitverschiebung bei zunehmender Geschwindigkeit zu-, bei abnehmender aber abnimmt.

Tritt nun zu dem ersten ein zweiter disparater Eindruck hinzu, so wird dadurch die Spannung der Aufmerksamkeit erschwert, und es wird daher diese Spannung einer längeren Zeit bedürfen als bei bloß einem Eindruck. Hieraus erklärt sich unmittelbar die eintretende Abnahme der negativen Zeitverschiebung. Diese Abnahme wird naturgemäß noch größer bei einer drei- oder gar vierfachen Complication; zugleich lehrt aber der Versuch, dass mit wachsender Complication die relative Erschwerung, die jeder neue Eindruck hinzufügt, verhältnissmäßig immer kleiner wird. Dem geht offenbar die leicht zu bestätigende Erscheinung parallel, dass die complicirte Vorstellung fortwährend an Klarheit abnimmt, indem die disparaten Eindrücke allmählich sich merklich stören. Man wird daher annehmen dürfen, dass jene relative Verminderung von der Abnahme der für jeden einzelnen Eindruck disponibeln Spannung herrührt, während dagegen die Gesammtspannung bis zu vier Eindrücken zunimmt, hier aber auch, wie der Verlauf der Curven *a* und *c* in Fig. 229 lehrt, schon der Grenze nahe zu sein scheint, die sie überhaupt zu erreichen vermag. Besteht die Vermehrung der Eindrücke in einer Hinzufügung gleichartiger Reize zur primären Complication, so wird hierdurch begreiflicher Weise der Aufmerksamkeit ein weit geringeres Wachsthum ihrer Spannung zugemuthet, da es verhältnissmäßig leicht ist, eine Vielheit von gleichartigen Sinneseindrücken in eine Gesammtvorstellung zusammenzufassen. Auf diese Weise erklärt sich unmittelbar die geringere Abnahme der negativen Zeitverschiebung im letzteren Falle.

Nimmt man demnach die primäre Complication (1 Fig. 229) zum Ausgangspunkt, so lassen sich die in den andern Fällen eintretenden Veränderungen der Zeitverschiebung zum Maßstabe nehmen, um daran die mit der Zusammensetzung der Eindrücke durch steigende Complication oder gleichartige Association eintretende Erschwerung der Apperception zu ermessen. Da man aber ferner annehmen darf, dass bei gleich bleibender Geschwindigkeit der Gesichtseindrücke und der Intervalle des hinzutretenden Eindrucks die Spannung der Aufmerksamkeit in allen Fällen im gleichen Zeitmoment anzuwachsen beginnt, so werden jene Differenzen auch unmittelbar als Verzögerungswerthe der Apperception oder auch, mit Rücksicht auf den hinzutretenden Eindruck, als Zeitwerthe für die Verbindung des neuen Eindrucks mit der primären Complication angesehen werden können. Wenn also z. B. die bei der letzteren vorhandene negative Zeitverschiebung in einer Versuchsreihe um 55,7$^{\sigma}$ abnimmt, sobald ein zweiter disparater Eindruck

hinzukommt, so werden wir diese 55,7$^{\sigma}$ als die Zeit ansehen dürfen, welche die erste zur primären hinzutretende Complication zu ihrem Vollzug bedarf. Auf diese Weise ergeben sich aus den durch die obigen Curven dargestellten Mittelzahlen der Complication und der gleichartigen Association, wenn man zum Ausgangspunkte immer die primäre Complication nimmt, in Tausendtheilen einer Sec. die Zeiten:

der ersten Complication einer einfachen Vorstellung (Curve *a*)	55,7
der zweiten - - - - -	40,9
der dritten - - - - -	10,3
der ersten gleichartigen Association einer einfachen Vorstellung (Curve *b*)	27,7
der zweiten - - - - - -	19,9
der dritten - - - - - -	10,2
der ersten Complication einer zusammengesetzten Vorstellung (Curve *c*)	41,6
der zweiten - - - - -	29,1
der dritten - - - - -	12,6

Mit den Bedingungen, welche uns in dem einfachsten der obigen Fälle, nämlich bei der primären Complication eines Schalleindrucks mit einer Reihe successiver Gesichtsvorstellungen begegnet sind, stimmen im wesentlichen die Bedingungen gewisser astronomischer Zeitbestimmungen überein. Aehnlich wie die früher dargestellten Reactionsversuche aus den astronomischen Registrirbeobachtungen, so haben sich in der That die hier beschriebenen Complicationsversuche aus den älteren Durchgangsbeobachtungen der Astronomen mittelst der so genannten Auge- und Ohrmethode entwickelt. Bei dieser Methode, die Zeit des Durchgangs eines Sterns durch den Meridian des Beobachtungsortes zu bestimmen, bedient sich nämlich der Astronom eines um eine Horizontalaxe im Verticalkreis des Meridians drehbaren Fernrohrs, des Passageinstruments. Zur Orientirung im Gesichtsfelde dient ein in der gemeinsamen Focalebene der Objectiv- und Ocularlinse ausgespanntes Fadennetz, das gewöhnlich aus 2 Horizontalfäden und aus 5, 7 oder mehr Verticalfäden besteht. Das Fernrohr wird so aufgestellt, dass der mittlere Verticalfaden genau mit dem Meridiane zusammenfällt. Einige Zeit, ehe der Stern diesen Faden erreicht, sieht man nach der Uhr und zählt dann, während man durch das Fernrohr blickt, nach den Schlägen der Uhr die Secunden weiter fort. Da nun der Stern, namentlich wenn er eine größere Geschwindigkeit besitzt[1]), selten mit dem Secundenschlag durch den Meridian treten wird, so muss sich der Beobachter, um auch noch die Bruchtheile einer Secunde bestimmen zu können, den Ort des Sterns bei dem letzten Secundenschlag vor dem Durchtritt und bei dem ersten Secundenschlag nach dem Durchtritt durch den Mittelfaden des Fernrohrs merken und dann die Zeit nach dem durchmessenen Raum eintheilen. Gesetzt z. B. man habe 20 Secunden gezählt, bei der 21. Secunde

---

1) Dies ist immer der Fall, weil man die Methode, so wie sie oben beschrieben ist, nur bei solchen Sternen anzuwenden pflegt, die nicht allzufern vom Himmelsäquator liegen. Bei dem Polarstern ist die Beobachtungsweise eine andere, worauf wir hier nicht näher eingehen können, da dieselbe für die vorliegende Frage ohne Interesse ist. Vgl. darüber PETERS, Astronomische Nachrichten, XLIX, S. 16.

befinde sich der Stern im Abstand *ac*, bei der 22. im Abstand *bc* von dem Mittelfaden *c* (Fig. 230), und es verhalten sich *ac* : *bc* wie 1 : 2, so muss, da die ganze Distanz *ab* in einer Secunde durchlaufen wurde, der Stern den Mittelfaden *c* bei $21\frac{1}{3}$ Sec. Uhrzeit passirt haben. Offenbar sind nun die Verhältnisse bei diesen Beobachtungen ganz ähnliche wie bei unsern Versuchen. Die Bewegung des Sterns vor den Verticalfäden des Fernrohrs gleicht der Vorbeibewegung des Zeigers vor der Scala. Es wird also auch hier eine Zeitverschiebung erwartet werden können, die bei größeren Geschwindigkeiten leichter im positiven Sinne, im entgegengesetzten Falle leichter im negativen stattfinden wird. Die Beobachtungen der Astronomen geben keine Gelegenheit, die absolute Größe dieser Zeitverschiebung zu bestimmen. Aber die Existenz derselben verräth sich darin, dass, nachdem alle sonstigen Fehler der Beobachtung möglichst eliminirt sind, stets zwischen den Zeitbestimmungen je zweier Beobachter eine persönliche Differenz bleibt, die hier viel bedeutender sein kann als bei den Zeitbestimmungen nach der Registrirmethode (S. 320 f.). Sie beläuft sich in vielen Fällen nur auf Zehn- oder Hunderttheile einer Secunde, in andern kann sie eine volle Secunde und darüber betragen. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass bei den kleineren persönlichen Gleichungen die Zeitverschiebungen der zwei Beobachter im selben Sinne stattfinden und nur von verschiedener Größe sind; bei größeren persönlichen Gleichungen werden dagegen auch Unterschiede in der Richtung der Zeitverschiebung zu erwarten sein. Dabei kommt überdies in Betracht, dass bei jeder Durchgangsbestimmung eine doppelte Lagebestimmung des Sterns stattfindet, daher die individuellen Unterschiede der Zeitverschiebung sich verdoppeln müssen[1]). Hieraus erklärt es sich, dass die persönliche Gleichung meistens größer ist, als man nach den unter einfacheren Bedingungen erhaltenen Zeitwerthen der obigen Complicationsversuche erwarten würde. Die Vergleichung der Differenzen einzelner Beobachter, welche in mehreren Fällen durch viele Jahre hindurch fortgesetzt wurde, zeigt außerdem, dass dieselben keineswegs constant sind. Offenbar stehen also die individuellen Bedingungen der Aufmerksamkeit nicht stille, sondern sie sind theils unregelmäßigeren Schwankungen, theils aber auch länger dauernden stetigen Veränderungen unterworfen. So erfuhr z. B. die persönliche Gleichung zwischen den Astronomen Main und Robertson vom Jahre 1840 bis 1853 folgende Veränderungen:

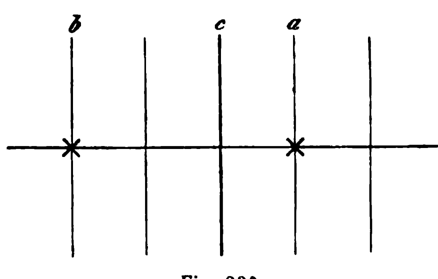


Fig. 230.

1) Argelander bemerkte ferner in einer an die erste Mittheilung meiner Versuche auf der Naturforscherversammlung zu Speyer sich anschließenden Debatte, dass bei der Beobachtung des Sterns nach dem Durchgang durch den Mittelfaden die Aufmerksamkeit erschöpft sei, weshalb man hier den Stern beim Secundenschlag zuweilen an zwei Orten zu sehen glaube, deren Zeitdistanz 0,1—0,15" betragen könne. Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Speyer, 1861, S. 25.)

	M—R		M—R
1840	— 0,15^s	1848	+ 0,37^s
41	+ 0,08	49	+ 0,39
43	+ 0,20	50	+ 0,45
44	+ 0,18	51	+ 0,47
45	+ 0,20	52	+ 0,63
46	+ 0,26	53	+ 0,70
47	+ 0,35		

Es ist augenscheinlich, dass hier, von einer sehr kleinen Schwankung (zwischen 1843 und 45) abgesehen, die persönliche Gleichung in einer stetigen Zunahme in positivem Sinne begriffen ist, so dass die ganze Veränderung innerhalb der 13 Jahre 0,85^s erreicht. Innerhalb eines einzigen Tages beobachteten Wolfers und Nehus Differenzen bis zum Betrag von 0,22^s[1]). Auch hier sind, wie bei den Registrirbeobachtungen (S. 361 f.), bereits in astronomischem Interesse Versuche ausgeführt worden, um die **absolute** Größe des von einzelnen Beobachtern begangenen Fehlers zu bestimmen. Man ließ einen künstlichen Stern durch den mittleren Verticalfaden des Fernrohrs passiren und verglich die nach Secundenschlägen geschätzte mit der wirklichen Zeit des Durchtritts[2]). N. C. Wolff fand bei sich selbst während mehrerer Monate eine durchschnittlich um 0,10^s verfrühte Auffassung der Durchgangszeit. Größe und Richtung dieses Fehlers wurden nicht geändert, wenn nicht Schalleindrücke sondern in gleichen Intervallen folgende Lichtsignale die Zeitmomente angaben. Die Zeitverschiebung blieb also im wesentlichen die nämliche, ob die getrennt appercipirten Eindrücke zwei verschiedenen Sinnen oder einem und demselben Sinne angehörten. Wurde die Geschwindigkeit der Bewegung vergrößert, so verspätete sich die Auffassung etwas, was mit den oben erhaltenen Resultaten übereinstimmt. Ebenso erklärt sich aus dem oben ermittelten Einfluss der Geschwindigkeit die schon von Bessel beobachtete Erscheinung, dass sich die persönliche Differenz bedeutend vermindert, wenn man eine Uhr, die ganze Secunden schlägt, mit einer solchen vertauscht, die halbe angibt. Endlich wird die allgemein von den Astronomen gemachte Wahrnehmung, dass bei der Beobachtung plötzlicher Erscheinungen alle persönlichen Differenzen kleiner sind[3]), zum Theil darauf zurückzuführen sein, dass in diesem Fall nur noch eine positive Zeitverschiebung stattfinden kann, während die größten Werthe der Differenz dann entstehen müssen, wenn bei dem einen Beobachter eine positive, bei dem andern eine negative Zeitverschiebung existirt.

Für psychologische Zwecke, bei denen es darauf ankommt, die Abhängigkeit der Zeitverschiebungen von den verschiedenen äußeren Bedingungen zu ermitteln, sind den astronomischen Methoden solche Verfahrungsweisen vorzuziehen, bei denen man leicht die Geschwindigkeit der Eindrücke variiren sowie

1) Peters, Astronomische Nachrichten XLIX, S. 20.
2) J. Hartmann, Grunert's Archiv f. Mathematik u. Physik, XXXI, 1858, S. 1 f. N. C. Wolff, Recherche ssur l'équation personnelle. (Ann. de l'observatoire de Paris, VIII. Paris 1865. Im Auszug in der Vierteljahrsschr. der astronom. Gesellsch. I, 236 f.)
3) Vgl. Peters a. a. O. S. 21.

eventuell auch zu- und abnehmende Geschwindigkeiten herstellen kann. Diese Bedingungen erfüllt der von mir construirte **Pendelapparat für Complicationsversuche** (Fig. 231). Derselbe ist im wesentlichen eine Pendeluhr mit veränderlicher Pendellänge. Auf einem Fußbrett, welches durch drei Stellschrauben und mit Hülfe eines an dem Faden *g* hängenden Lothes nivellirt wird, befindet sich eine hölzerne Säule *M* von 120 cm Höhe. Der obere Theil derselben sammt den damit zusammenhängenden wesentlichen Theilen ist in Fig. 231 abgebildet. Auf dem obern Ende der Säule *M* sitzt eine Messingplatte *m* fest, auf welche hinten der Scalenhalter *n* und vorn das Zeigerwerk festgeschraubt ist. Der erstere hat zwei divergirende Arme *o o'*, an deren oberem Ende zwei auf der Fläche der Arme senkrechte Säulchen aufsitzen, welche die Scala *S* tragen[1]). Der äußere Krümmungsradius der Scala beträgt 11 cm. Sie ist von zwei zu zwei Winkelgraden durch Theilstriche, von zehn zu zehn durch Ziffern eingetheilt. Am rechten Arm *o'* des Halters befindet sich außerdem eine kleine Messinghülse *h*, in welcher die Glocke *G* vermittelst ihres Stiels *b* festsitzt. Diesen kann man sammt der Glocke in der Hülse emporschieben und durch Anziehen der Schraube *s* feststellen. Es geschieht dies, falls man, wie z. B. in Tastversuchen, das Anschlagen der Glocke bei den Bewegungen des Uhrwerks und des Hebels vermeiden will. Die Drehungsaxe des Zeigers *Z* ist mit einem kleinen Zahnrad *y* versehen. Der Zeiger kann an dieser Axe in jeder beliebigen Lage festgestellt werden. Außer den eben beschriebenen Theilen trägt die Messingplatte *m* auf der rechten Seite das Lager für die gemeinsame Axe des Schallhammers *q* und des Hebels *H*; beide sind dicht neben einander auf der nämlichen Drehungsaxe befestigt. In das obere Ende von *q* ist ein Knopf eingeschraubt, der bei einer bestimmten Stellung der Hebelaxe auf die Glocke *G* aufschlägt. Der Hebel *H* besteht aus einem linken längeren und einem rechten kürzeren Arm. Am Ende des letzteren befindet sich ein Schraubengang, auf welchem der Knopf *l* hin- und hergeschraubt werden kann, um die Last auf beiden Seiten zweckmäßig zu vertheilen. Am Ende des linken Arms befindet sich der Tasthammer *v*, welcher mit einem elfenbeinernen Knopfe versehen ist. Zu diesem für die Tastversuche bestimmten Theil des Apparats gehört außerdem das an der Säule befestigte Tischchen *T*, welches ein auf drei Messingfüßen stehendes kleineres rundes Tischchen *T'* trägt. Dieses hat in der Mitte, dem Tasthammer *v* gegenüber, eine runde Oeffnung, in welche das Elfenbeinblättchen *f* eingeschraubt werden kann. Auf seiner untern Fläche ist das letztere, um den Stoß von *v* abzuschwächen, mit Leder überzogen. Das Tischchen *T* ist der Oeffnung *T'* gegenüber von der Schraube *k* durchbohrt, auf deren oberem Ende *v* aufruht, wenn das Uhrwerk stillesteht. Durch Auf- oder Niederschrauben der Schraube *k* und der Platte *f* kann die Schwingungsweite von *v* und damit auch des Hebels *H* verändert werden. An dem Hebel *H* und dem Tischchen *T* werden endlich noch die elektrischen Unterbrecher angebracht, die für die zusammengesetzteren Complicationsversuche erforderlich sind. In der Fig. 231 ist ein solcher Unterbrecher (*u*) sichtbar. Derselbe besteht in zwei auf *T* befestigten Quecksilbernäpfchen aus Hartgummi und einer kleinen Platingabel, welche in einer auf *H* verschiebbaren Elfenbeinhülse fixirt wird. Die beiden Quecksilbernäpfchen sind in den Stromeskreis

1) Bei den neuen Apparaten bildet die Scala einen in 360° eingetheilten Vollkreis, nicht, wie in der Abbildung, einen Halbkreis.

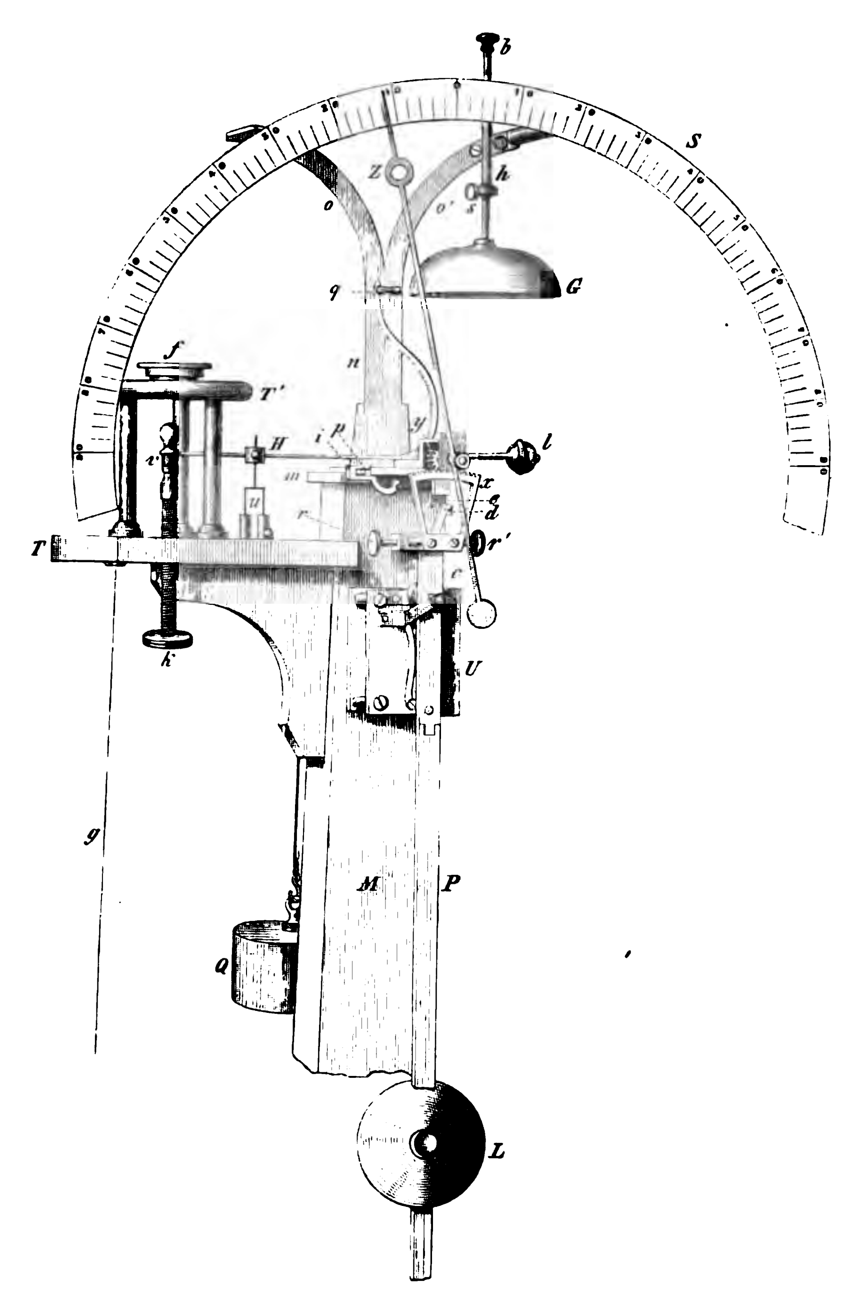


Fig. 231.

aufgenommen, dessen Unterbrechung die Auslösung bestimmter Reizeffecte (elektrischer Hautreize, Geräusche u. dgl.) bewirkt. Die Unterbrechung geschieht, wenn der Hebel *H* gehoben wird, in einem durch die Höher- oder Tieferstellung der Platingabel beliebig zu fixirenden Momente. An der vorderen Seite der Säule *M*, etwas nach unten von der Messingplatte *m*, ist das Uhrgehäuse *U* angebracht. Dasselbe enthält ein einfaches Pendeluhrwerk, welches nur hinsichtlich der Einrichtung des Kronrades eine Besonderheit bietet. Die Axe des letzteren läuft nämlich unten in einer Stahlplatte, welche mittelst einer Schraube einer über ihr befindlichen festen Messingplatte entweder genähert oder von ihr entfernt werden kann. Dadurch kann die Wirkung des Uhrwerks auf das Pendel und in Folge dessen die Amplitude der Schwingungen innerhalb ziemlich weiter Grenzen variirt werden. Außerdem lässt sich durch diese Einrichtung die während längerer Versuchsperioden unvermeidlich eintretende Abnutzung der Zähne des Kronrades compensiren. Die Verbindung des letzteren mit der Pendelaxe ist die bei größeren Pendeluhren gewöhnliche. Die Axe des Steigrads durchbohrt die Säule *M* und trägt auf der hinteren Seite das Gewichtsrad, an welchem mittelst einer mehrfach umgeschlungenen Schnur das Gewicht *Q* befestigt ist; durch Umdrehen des Gewichtsrades wird das Uhrwerk aufgezogen. Die Pendelstange *P* ist in ihrem oberen Theil aus Metall, in ihrem unteren größeren aus Holz. Die ziemlich schwere Linse *L* kann an dem hölzernen Theil der Pendelstange mittelst der an ihr befindlichen Schraube verstellt werden, wodurch sich die Schwingungsdauer verändert. Die Pendelstange selbst ist danach empirisch graduirt. Um die Pendelbewegungen auf das Zeigerwerk zu übertragen, stellt das Ende x des Pendels den Sector eines Zahnrades dar, dessen Zähne genau in das an der Axe des Zeigers befindliche Zahnrädchen y eingreifen. Da der Halbmesser des Zahnrädchens genau $^1/_{10}$ von demjenigen des Sectors beträgt, so bewegt sich der Zeiger mit der zehnfachen Winkelgeschwindigkeit des Pendels. Mit dem obern Theil des Pendels ist endlich ein Messingansatz fest verbunden, der von der Pendelaxe durchbohrt wird und um dieselbe gedreht werden kann. Dieser Ansatz ragt in den von dem gezahnten Sector umschlossenen Raum hinein und endigt hier mit dem Daumen *d*. Die Verbindungsstücke des Sectors mit der Pendelstange sind aber von den Schrauben *rr'* durchbohrt, die, wenn man sie möglichst sich annähert, das den Daumen *d* tragende Ansatzstück zwischen sich fassen. Durch Aenderung der Schraubenstellung kann daher die Stellung des Daumens innerhalb ziemlich weiter Grenzen verändert werden. Die Bewegung des Pendels wird nun auf den Hebel *H* mittelst einer Zwischenvorrichtung übertragen. Dieselbe besteht aus einer von einer Feder umsponnenen Axe, die vorn den an den Daumen des Pendels sich anlegenden Fortsatz *e* trägt, und an der sich hinten nahe von dem Hebel *H* der Mitnehmer *i* befindet. Dieser umfasst etwa in der Weise eines in zwei Phalangen gebogenen Fingers einen an dem Hebel befindlichen Stift *p*. Wenn Pendel und Zeiger sich für den Beobachter von links nach rechts bewegen, so stößt der Daumen *d* an den Fortsatz *e* an, dadurch dreht sich die mit dem letzteren verbundene Axe gleichfalls von links nach rechts, der Mitnehmer *i*, und durch ihn Stift *p* und Hebel *H* werden in die Höhe gehoben, bis der an diesem befestigte Hammer bei einer bestimmten Stellung an die Glocke anschlägt. Der Apparat muss so eingestellt sein, dass in dem Moment, in welchem dies eintritt, der Fortsatz *e* wieder von dem Daumen *d* abgleitet, was durch die Wirkung einer Spiralfeder unterstützt wird, welche die

Axe, an der e befestigt ist, umwindet. Im selben Augenblick aber fällt auch der Hebel und der Hammer wieder zurück. Es kann also die Berührung zwischen Hammer und Glocke durch sorgfältige Einstellung des Hebels und des Hammerköpfchens geradezu auf einen Moment beschränkt werden, so dass der Glockenschlag keinen die Bewegung des Pendels und Zeigers störenden Stoß verursacht. Geht dann das Pendel rückwärts von rechts nach links, so gleitet der Daumen d ohne erheblichen Widerstand an dem Fortsatze e vorbei, da, wenn die Axe des letzteren in dieser Richtung sich dreht, die Feder nicht gespannt wird, und der Mitnehmer i gleitet leicht von dem Stift p, der in ihm ruht, ab. Es findet also immer nur dann, wenn Pendel und Zeiger von links nach rechts gehen, eine Bewegung des Hebels und ein Glockenschlag statt. Die Zeit aber, zu welcher der Glockenschlag stattfindet, lässt sich durch wechselnde Einstellung des Daumens d mittelst der Schrauben rr' variiren. Da die Bewegungen des Hebels und Hämmerchens die Versuche stören würden, indem sie die Aufmerksamkeit abziehen, so werden alle hinter der Scala befindlichen Theile des Apparates durch einen schwarzen (in der Abbildung weggelassenen) Schirm verdeckt, der oben an den die Scala tragenden Messingsäulchen festgebunden ist.

Die Anstellung der Beobachtungen geschieht nun in folgender Weise. Nachdem die Bewegung des Hebels regulirt wurde, bringt man zunächst die Pendellinse in die für die beabsichtigte Schwingungsdauer erforderliche Höhe und erzeugt dann durch die früher beschriebene Verstellung des Kronrades die gewünschte Schwingungsamplitude. Hierauf wird der Daumen d durch die Einstellung der Schrauben rr' in eine beliebige, jedenfalls aber dem Beobachtenden unbekannte Lage gebracht. Macht man an sich selber die Versuche, und hat man keinen Gehülfen, der die Einstellung übernimmt, so stellt man am besten unmittelbar nach jeder Beobachtung für die nächste ein und verfährt dabei möglichst unaufmerksam. Sind alle Vorbereitungen beendet, so wird durch Anstoßen des Pendels das Uhrwerk in Bewegung gesetzt. Bei jeder Bewegung des Zeigers von links nach rechts sucht man denjenigen Theilstrich der Scala zu bestimmen, vor welchem der Zeiger im Moment des Glockenschlags, des Tasteindrucks u. s. w. vorbeizugehen scheint. Damit diese Auffassung mit der erforderlichen Genauigkeit geschehen könne, muss das Uhrwerk einige Zeit im Gang erhalten bleiben. Im allgemeinen ist das Urtheil um so länger schwankend, je rascher die Bewegung ist. Nachdem man hinreichend scharf den Theilstrich der Scala festgestellt hat, bei welchem der Eindruck aufgefasst wurde, wird derselbe sammt der zugleich stattfindenden Schwingungsamplitude und Schwingungsdauer notirt. Dann erst sieht man nach, welcher Moment der Bewegung des Zeigers wirklich mit dem Eindruck zusammenfiel. Dies geschieht, indem man langsam das Pendel von links nach rechts führt, bis der Hammer q die Glocke oder das Knöpfchen v den Finger berührt. Zur Bestimmung der verschiedenen Zeitwerthe, welche bei den Beobachtungen in Betracht kommen, dienen folgende Gleichungen. Bezeichnen wir mit t die Schwingungsdauer des Pendels, mit α dessen Ablenkung aus der Gleichgewichtslage, mit β den Ort des wirklichen Sinneseindrucks und mit β' denjenigen des scheinbaren, beide in Winkeln von der Mittellage aus gerechnet, so findet man die Zeit x, die zwischen dem Vorbeigang bei β und bei β' liegt, aus der folgenden Annäherungsformel:

$$x = \frac{t}{2\pi}\left(\text{arc cos}\,\frac{\beta'}{\alpha} - \text{arc cos}\,\frac{\beta}{\alpha}\right).$$

Ist c die momentane Geschwindigkeit des Pendels beim Durchgang des Zeigers durch den Punkt β, c' die bei diesem Punkte stattfindende Geschwindigkeitsänderung, so ist hiernach:

$$c = \frac{d\beta}{dt} = \frac{2\pi}{t}\sqrt{2(\cos\beta - \cos\alpha)}\,,$$

$$c' = \frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{4\pi^2}{t^2}\sin\beta\,.$$

5. Zeitvorstellungen.

Jede Vorstellung hat neben ihren andern bestimmte **zeitliche Eigenschaften**, die uns unmittelbar entweder als **Dauer der einzelnen Vorstellung** oder, wenn mehrere Vorstellungen einander ablösen, als **zeitlicher Verlauf einer Vorstellungsreihe** zum Bewusstsein kommen. Die zeitlichen verhalten sich darin ähnlich den räumlichen Vorstellungen, dass sie, wie diese, an bestimmte qualitative und intensive **Inhalte** gebunden sind, von denen sie niemals getrennt vorkommen. Bezeichnen wir alle Fragen, die sich auf die Bedingungen und Eigenschaften unsrer zeitlichen Vorstellungen beziehen, als das Problem des **Zeitsinns**, so bietet der Zeitsinn insofern analoge Verhältnisse dar wie der sogenannte Raumsinn, als wir vermöge der Fähigkeit, verschiedenen Raum- und Zeitinhalten übereinstimmende räumliche und zeitliche Eigenschaften beizulegen, zur Abstraction von Raum und Zeitformen gelangt sind, bei denen wir die in jedem einzelnen Fall vorhandenen Inhalte dieser Formen außer Betracht lassen können. Psychologisch betrachtet gibt es jedoch ebensowenig einen specifischen Zeitsinn, wie es einen besonderen Raumsinn gibt, sondern nur zeitliche Eigenschaften unsrer den verschiedensten Sinnesgebieten zugehörigen Vorstellungen. Der Begriff des Zeitsinns entspringt also nur daraus, dass es uns frei steht, die zeitlichen Eigenschaften ebenso wie alle andern isolirt der Untersuchung zu unterwerfen[1]. Aber dabei sind nicht nur diese andern Eigenschaften stets in unsern zeitlichen Vorstellungen mit enthalten, sondern sie üben auch fortwährend auf diese bestimmte Einflüsse aus. In dieser Beziehung gleicht der Zeitsinn vollständig dem Raumsinn, bei welchem uns die Analyse der Tast- und Gesichtsvorstellungen jene Einflüsse kennen gelehrt hat. Auch darin verhalten sich beide analog, dass die Zeit ebensowenig wie der Raum aus irgend

1) Leider haben die Ausdrücke Zeitsinn, Raumsinn, Drucksinn, Ortssinn u. dgl., die namentlich durch E. H. Weber in die Physiologie eingeführt worden sind, nicht selten von vornherein die Auffassung der betreffenden Erscheinungen getrübt, indem man diese »Sinne« vollständig auf gleiche Linie setzte mit dem Gehörssinn, Gesichtssinn u. s. w.

etwas anderem, z. B. aus einem speciellen Empfindungsinhalt, logisch deducirt werden kann, sondern dass bei ihnen immer nur von der Nachweisung der Bedingungen die Rede sein kann, unter denen die einzelnen räumlichen oder zeitlichen Vorstellungen zu Stande kommen, und welche für die räumliche und zeitliche Ordnung der Eindrücke bestimmend sind. In Bezug auf diese Bedingungen trennt sich nun aber der Zeitsinn vom Raumsinn, bei welchem letzteren dieselben durchaus in den psychophysischen Eigenschaften bestehen, die bestimmten einzelnen Sinnesgebieten, speciell dem Tast- und Gesichtssinn, zukommen, während der Zeitsinn an die Organisation besonderer peripherischer und centraler Sinnesapparate nicht gebunden ist, sondern auf alle möglichen Vorstellungen ebenso wie auf die mit ihnen verbundenen Gefühle, Gemüthsbewegungen u. s. w. Anwendung findet. Diese allgemeinere Beziehung zu den Gesammteigenschaften des Bewusstseins ist es zugleich, die von selbst der Untersuchung des Zeitsinns in der allgemeinen Lehre vom Bewusstsein und vom Verlauf der Vorstellungen ihre Stelle anweist.

Die Dauer einer Vorstellung oder eines Verlaufs von Vorstellungen sowie die Geschwindigkeit dieses Verlaufs gehört zum unmittelbaren Inhalt unserer inneren Wahrnehmung. Nur solche unmittelbare Vorstellungen von Dauer und Geschwindigkeit, sowie die auf sie gegründeten unmittelbaren Urtheile über die Gleichheit oder Ungleichheit bestimmter, direct in der inneren Wahrnehmung verglichener Zeitstrecken bilden den eigentlichen Inhalt des Zeitsinns. Auf Grund dieses unmittelbaren Zeitsinns können wir uns nun aber auch Vorstellungen über die zeitliche Beschaffenheit einzelner Vorstellungen oder ganzer Vorstellungsreihen bilden, die früher Gegenstand unserer inneren Wahrnehmung gewesen waren, in dem Augenblick der sich auf sie beziehenden Zeitschätzung es aber nicht mehr sind. Diese mittelbaren Zeitvorstellungen, die zumeist mit dem eigentlichen Zeitsinn vermengt wurden, wollen wir als Acte des Zeitgedächtnisses bezeichnen.

Unsere unmittelbaren Zeitvorstellungen stehen unter zwei fortwährend sich begegnenden Einflüssen. Sie sind abhängig 1) von dem objectiven Inhalt des Eindrucks oder der Vorstellung, und 2) von begleitenden subjectiven Vorgängen, wie der Spannung und dem Wechsel der Aufmerksamkeit, und hieran gebundenen Gefühlen. Ueber den ersten dieser Punkte, den Einfluss des objectiven Inhalts der Vorstellungen auf ihre zeitliche Form, liegen planmäßige Beobachtungen bis jetzt nur von E. MEUMANN vor[1]. Nach ihnen scheint es, dass die Wirkung dieser objectiven

---

1) Phil. Stud. VIII, S. 431 ff. (Die Fortsetzung dieser Untersuchung wird in Bd. IX der Phil. Stud. erscheinen.)

Momente stets nur eine indirecte ist, insofern sie nämlich auf die subjective Aufmerksamkeit einen Einfluss ausüben. Hierfür sprechen namentlich folgende Erfahrungen: 1) Eine Reihe von Schalleindrücken, die sich einzeln in Intervallen von 0,3—0, 4^s folgen, scheint schneller abzulaufen, wenn die Eindrücke stark, als wenn sie schwach sind: und lässt man die Intensität der einzelnen Eindrücke einer solchen Reihe stetig wachsen oder abnehmen, so scheint entsprechend ihre Geschwindigkeit zu wachsen oder abzunehmen. 2) Schaltet man in eine Reihe von Schalleindrücken vom gleichen Intervall plötzlich einen einzelnen stärkeren Schall ein, so erscheint das ihm vorangehende Intervall verkürzt, das ihm folgende verlängert. Aehnlich wirkt ein plötzlicher qualitativer Wechsel des Eindrucks oder ein Ortswechsel, falls sich mit demselben eine deutlich verschiedene Localisation verbindet. 3) Halbirt man eine durch zwei Schalleindrücke begrenzte Zeitstrecke durch einen mittleren Schall, so wird durch eine relative Verstärkung des ersten Schalls das erste, durch eine ebensolche des dritten Schalls das zweite der beiden Intervalle scheinbar verlängert. Wieder haben hier Qualitätsunterschiede den nämlichen Einfluss wie Intensitätsunterschiede, und die Häufung beider vergrößert wesentlich die Zeittäuschung. 4) Zeitstrecken, die durch zwei Schall- oder Lichteindrücke begrenzt und durch zwischenliegende momentane Reize eingetheilt sind, erscheinen, falls sie klein sind, stets länger als leere Zeiten von der gleichen Dauer. Vergrößert man aber die Zeiten, so nimmt die Ueberschätzung der eingetheilten Zeit allmählich ab und geht durch einen Indifferenzpunkt der Gleichschätzung in Unterschätzung über. Dabei liegt aber jener Indifferenzpunkt um so höher, je größer die Anzahl der eintheilenden Reize ist. Dass bei einer derartigen Eintheilung die Neigung besteht, die Zeitstrecke rhythmisch zu gliedern, wurde schon früher bemerkt; ebenso dass eine solche Gliederung die unmittelbare Auffassung größerer Zeitstrecken und ihre Vergleichung mit andern wesentlich erleichtert[1]. Zugleich ist aber einleuchtend, dass die oben erörterten Einflüsse der Intensitäts- und Qualitätsunterschiede der Eindrücke einer Vorstellungsreihe auch auf solche rhythmische Vorstellungen ihren Einfluss äußern, und dass insbesondere die bloß subjectiven Hebungen und Senkungen ähnlich wie die objectiven Verstärkungen und Schwächungen des Eindrucks wirken werden. Diese Aequivalenz subjectiver Betonung und objectiver Verstärkung, vermöge deren wir den betonten Eindruck zugleich für den wirklich stärkeren halten, ist ein directer Beleg dafür, dass nicht die objective Beschaffenheit des Eindrucks als solche, sondern ihre Wirkung auf die Aufmerksamkeit die oben erwähnten Veränderungen der Zeitvor

1) Vgl. Cap. XII, 5, S. 83 ff. und Cap. XV, 3, S. 286 ff.

stellung hervorbringt. In der That bemerkt man bei diesen Versuchen unmittelbar, dass ein stärkerer Eindruck die Aufmerksamkeit intensiver auf sich zieht, eine Erscheinung, die offenbar die Ergänzung zu der andern bildet, dass die intensivere Richtung der Aufmerksamkeit auf einen Eindruck diesen subjectiv verstärken kann. Ebenso erklärt sich hieraus die Thatsache, dass ein Qualitäts- oder selbst Localisationswechsel des Eindrucks die nämliche Wirkung ausübt. Endlich bildet einen augenfälligen Beleg hierfür der Einfluss der Ermüdung der Aufmerksamkeit auf die Auffassung der Zeitdauer einer Reihe kurz dauernder Eindrücke: diese scheinen sich nämlich bei abnehmender Spannung der Aufmerksamkeit rascher als im völlig unermüdeten Zustande zu folgen[1]).

Suchen wir uns nun von der sich hieraus ergebenden directen Beziehung der Zeitvorstellungen zu den Aufmerksamkeitsvorgängen Rechenschaft zu geben, so scheint es, dass die Vorstellung der Zeitdauer eine Function theils der Größe, theils des Wechsels der Aufmerksamkeitsspannung ist. Daraus, dass diese beiden Momente in verschiedener Weise zusammenwirken können, erklärt es sich, dass, wie wir oben sahen, bestimmte äußere Bedingungen nicht immer in eindeutiger Weise die Zeitschätzung beeinflussen. So wird eine eingetheilte Zeitstrecke nur so lange im Verhältniss zu einer ihr gleichen uneingetheilten überschätzt werden, bis im letzteren Falle die Größe der leeren Zeit die Erwartungsspannung der Aufmerksamkeit zu einer Intensität anwachsen lässt, welche den Einfluss des Wechsels der Eindrücke compensirt, und bei noch weiterer Zunahme des Intervalls wird dann die leere Zeit größer als die eingetheilte geschätzt werden[2]). Sind aber auch Spannung der Aufmerksamkeit und Wechsel ihrer Richtung von wesentlichem Einflusse auf die Auffassung der relativen Größe der Zeiten, so kann doch nicht etwa das Wesen der Zeitvorstellung selbst in diesen Vorgängen gesucht, sondern sie können immer nur als Bedingungen betrachtet werden, welche die schon bestehende Zeitvorstellung beeinflussen. Als letzte Bedingung der Zeitvorstellung selbst ist vielmehr nur der Zusammenhang der Vorstellungen und sonstigen Bewusstseinsinhalte anzusehen, welcher die in einem gegebenen Moment in uns ablaufenden Vorgänge mit den unmittelbar vorangegangenen verbindet. n dem Augenblicke, wo dieser Zusammenhang aufhört, wie im tiefen Schlaf, in der Ohnmacht, hört zugleich die Zeitvorstellung auf. Die Zeitnschauung ist also lediglich die thatsächliche Form, in der uns der

1) Diese Thatsache ist von F. Schumann (Zeitschr. f. Ps. u. Phys. d. Sinnesorg. IV, . 9 zuerst beobachtet, aber offenbar irrthümlich interpretirt worden. Vgl. hierzu Ieumann, Phil. Stud. VIII, S. 487 f.

2) Hieraus erklären sich zugleich die wechselnden Erfolge, die sowohl Stanley Hall nd Jastrow (Mind XI, p. 55 ff.) wie Münsterberg (Beitr. z. exp. Psych. IV, S. 89 ff.) ei ihren Versuchen über diesen Gegenstand erhalten haben.

Zusammenhang der Bewusstseinsvorgänge gegeben ist, und es ist daher begreiflich, dass alle die Einflüsse, welche die Art und den Umfang dieses Zusammenhangs bestimmen, also vor allem die Spannung und der Wechsel der Aufmerksamkeit, auch auf die Zeitschätzung von Einfluss sind.

Indem wir Zeitstrecken ähnlich wie Raumstrecken oder Empfindungsstärken ihrer Größe nach mit einander vergleichen können, entsteht auch bei dem Zeitsinn die Aufgabe, die Feinheit dieser Größenschätzung unter verschiedenen Bedingungen zu ermitteln. Zur Lösung dieser Aufgabe werden aber im allgemeinen wieder die nämlichen psychophysischen Maßmethoden angewandt werden können, die überall, wo es sich um die Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit oder der subjectiven Gleichheit und Verschiedenheit intensiver und extensiver Bewusstseinsgrößen handelt, zu Gebote stehen. Vor allem sind für die Probleme des Zeitsinns die Methoden der Minimaländerungen und der mittleren Fehler verwerthbar. Die Unterschiedsschwelle, sowie die Größe des mittleren variabeln Fehlers wird hierbei als reciprok der Genauigkeit der Zeitvergleichung angesehen werden können; die Schätzungsdifferenz und der constante Fehler werden dagegen je nach ihrem Vorzeichen angeben, um welche Größe die eine von zwei objectiv gleichen Zeitstrecken gegenüber der andern über- oder unterschätzt worden ist. Um solche Zeitvergleichungen unter den einfachsten Bedingungen auszuführen, wird man zunächst von den durch intensiven oder qualitativen Wechsel der Eindrücke, durch verschiedene Eintheilung der Zeitstrecken u. dergl. herbeizuführenden Modificationen der Zeitschätzung abzusehen haben; man wird also z. B. zwei auf einanderfolgende Zeitstrecken zur Vergleichung darbieten, die durch andauernde Töne von gleicher Qualität und Stärke ausgefüllt, oder aber durch gleiche momentane Schalleindrücke begrenzt sind. Unter diesen beiden Fällen ist wieder der erste der einfachere, da man hier annehmen kann, dass die beiden verglichenen Zeitstrecken nur von dem objectiv gegebenen einfachen Eindruck ausgefüllt sind, während im zweiten Fall das sogenannte leere Intervall zwischen den begrenzenden Schallen der subjectiven Ausfüllung überlassen bleibt, die möglicherweise verschieden sein und dadurch ähnliche Veränderungen der Zeitschätzung hervorbringen kann, wie sie durch die oben erörterten objectiven Einwirkungen auf die Aufmerksamkeit entstehen. Doch scheint die Beobachtung zu lehren, dass bei kürzeren Zeitstrecken die »leeren« Intervalle bei diesen Versuchen in sehr constanter Weise durch die die Spannung der Aufmerksamkeit begleitenden Spannungsempfindungen ausgefüllt werden, so dass auch hier eine gleichmäßige Erfüllung der Zeitstrecken zustande kommt. Bei großen Zeiten ist dies allerdings nicht mehr der Fall, sondern es tritt häufig ein Abschweifen der Aufmerksamkeit auf zufällig aufsteigende Vorstellungen ein

aber hier kann auch ein dauernder Eindruck nur schwer noch continuirlich von der Aufmerksamkeit festgehalten werden. Dem entsprechend fand Meumann, dass bei sehr großen Zeiten die Unterschiedsschwellen so zunehmen, dass das Zeiturtheil völlig unsicher wird. Bis jetzt sind zureichende Versuche nur mit objectiv leeren Intervallen ausgeführt. Dabei wurde theils so verfahren, dass die zwei zu vergleichenden Zeitstrecken Theile eines einzigen Intervalls waren, das durch einen mittleren Eindruck in jene beiden getrennt wurde, theils selbständige Intervalle, deren jedes durch zwei Eindrücke begrenzt wurde. In der Regel wird in beiden Fällen die vorangehende Zeitstrecke in einer Versuchsreihe constant erhalten und als die Normalzeit behandelt, während die nachfolgende, durch deren minimale Aenderungen oder Fehleinstellungen die Genauigkeit der Zeitschätzung bestimmt wird, als Vergleichszeit dient. Zur Begrenzung der Zeitstrecken benutzt man in der Regel Schalleindrücke, z. B. die Schläge eines Metronoms oder eines elektromagnetisch bewegten Hammers. Bei der ersten der oben erwähnten Versuchsweisen, bei der die Normal- und Vergleichszeit unmittelbar an einander grenzen, macht sich mehr als bei der zweiten die Neigung, die Intervalle als Tacttheile aufzufassen, und daher einzelne subjectiv stärker zu betonen, in störender Weise geltend, indem hierbei die oben erwähnten Einflüsse des Intensitätswechsels auf die Zeitvergleichung hervortreten. Bei der Einwirkung zweier getrennter Intervalle lässt sich bei zureichender Uebung diese subjective Betonung leichter unterdrücken; es gewinnt dann aber die Größe der zwischen dem ersten und zweiten Intervall gelegenen Zwischenzeit einen wesentlichen Einfluss. Dieser Einfluss besteht nach den Untersuchungen von Meumann darin, dass bei einer sehr kurzen Zwischenzeit von unter 1^s die Zeitvergleichung unsicher wird, und dass sie dann bei 2 bis 3^s ebenfalls allmählich wieder an Sicherheit abnimmt. Der auf solche Weise sich ergebende Spielraum der günstigsten Zwischenzeit von etwa $1^1/_2{}^s$ entspricht demnach derjenigen Zeitgröße, die auch bei den Reactionsversuchen als die günstigste für die Spannung der Aufmerksamkeit gefunden wurde[1].

Die so ausgeführten Versuche können sich nun gemäß den allgemeinen Principien der psychophysischen Maßmethoden theils auf die Unterschiedsempfindlichkeit des Zeitsinns theils auf die constanten Fehler beziehen, die bei der Vergleichung von Zeitstrecken begangen werden. Leider sind jedoch bei den bisher ausgeführten Versuchen die Fälle der unmittelbaren und der mittelbaren Zeitschätzung nicht auseinandergehalten worden, so dass sich nur zuweilen aus den Untersuchungsergebnissen vermuthen lässt, ob die eine oder andere stattgefunden habe.

---

1) Vgl. oben S. 349.

Im allgemeinen wird aber anzunehmen sein, dass die Schätzungen der kleinsten beobachteten Zeitintervalle auf unmittelbarer, die der größten auf mittelbarer Zeitvergleichung beruhen. Hinsichtlich des Gangs der Unterschiedsempfindlichkeit zeigen namentlich die Versuche von MEHNER[1]) und GLASS[2]), die sich über Zeiten von 0,7—12^s erstrecken, dass die Unterschiedsschwelle mit der Vergrößerung der Zeiten zunimmt, so aber, dass ihr relativer Werth $\frac{\Delta t}{t}$, abgesehen von den größten Zeiten, annähernd constant bleibt, so dass zwischen den Grenzen 0,7—9^s eine ziemlich vollständige Uebereinstimmung mit dem WEBER'schen Gesetze besteht. Es verhält sich demnach in dieser Beziehung der Zeitsinn analog dem Augenmaß. Zugleich aber macht es die Gültigkeit des Gesetzes für die größeren Zeitwerthe bis zu 9^s wahrscheinlich, dass für die seither angewandten Methoden der Uebergang von der unmittelbaren zur mittelbaren Zeitschätzung nicht an dem Gang der mittleren Unterschiedsempfindlichkeit zu bemerken ist. Immerhin dürfte der an den Versuchszahlen von etwa 4^s an zumeist zu beobachtende größere Spielraum der mittleren Variationen einen Uebergang zu einer abweichenden Beobachtungsweise andeuten. Dass übrigens das WEBER'sche Gesetz annähernd noch für Zeitgrößen gilt, die jedenfalls weit über das Gebiet unmittelbarer Zeitschätzung hinausreichen, geht aus Versuchen hervor, die S. THORKELSON[3]) bei Zeitstrecken von 1,5 bis zu 12^s und M. EIJNER[4]) sogar bei solchen von 30 bis 420^s = 0,5 bis 4 Min. ausführten. Zugleich fanden beide, dass bei diesen großen Zeiten die Unterschiedsempfindlichkeit durch Uebung und Ermüdung erhebliche Aenderungen erfährt, durch jene vergrößert, durch diese herabgesetzt wird. EJNER, der seine Versuche nach der Methode der mittleren Fehler ausführte, fand den constanten Fehler, entsprechend den Beobachtungen von GLASS, durchweg negativ, wenn nur eine Vergleichszeit unmittelbar nach dem Ablauf der Normalzeit bestimmt wurde: dagegen war er theils positiv theils negativ, wenn mehrmals nach einander eine Reproduction der Normalzeit stattfand. Doch erreichte in beiden Fällen der Schätzungswerth sein Maximum bei etwa 120^s und nahm dann wieder ab. Durch die Ermüdung wurde er regelmäßig herabgesetzt, wogegen er bei stärkerer Spannung der Aufmerksamkeit wuchs[5]). Jener Unterschied

1) Phil. Stud. II, S. 546 ff.
2) Phil. Stud. IV, S. 423 ff.
3) THORKELSON, Undersøgelse of Tidssansen. Christiania 1883.
4) M. EIJNER, Experimentelle Studien über den Zeitsinn. Diss. Dorpat 1889.
5) EIJNER a. a. O. S. 80 ff. Aehnlich der Ermüdung wirkt, wie KRAEPELIN fand, der Alkohol, wobei zugleich ein starkes subjectives Ermüdungsgefühl diese Wirkung begleitet. Umgekehrt scheint dagegen der Thee gerade in Folge der ungewöhnlichen Erleichterung der ablaufenden Associations- und Apperceptionsprocesse eine Verminderung der Schätzungswerthe herbeizuführen. (KRAEPELIN, Ueber die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge etc., S. 96, 144 ff.)

zwischen einmaliger und mehrmals wiederholter Schätzung lässt sich wohl darauf zurückführen, dass uns allgemein eine gegebene Zeit um so kürzer erscheint, je mehr wir uns an sie gewöhnt haben, so dass, wenn man eine und dieselbe Normalzeit mehrmals nach einander wiederholt, die hergestellten Vergleichszeiten, die jener gleich erscheinen, größer und größer werden [1]).

Von besonderem Interesse ist bei der Untersuchung des Zeitsinns der Gang der Schätzungsdifferenz, sowie (bei der Fehlermethode) der Gang des constanten Fehlers, indem derselbe den Betrag der Unter- oder Ueberschätzung einer gegebenen Zeitgröße andeutet. Aus ihm lässt sich zunächst entnehmen, dass regelmäßig kleine Zeiten überschätzt, größere aber unterschätzt werden, indem die Schätzungsdifferenz $\varDelta$ sowie der constante Fehler C dort positive, hier negative Werthe annimmt. Zwischen beiden Phasen liegt ein Indifferenzwerth des Zeitsinns, bei welchem $\varDelta = 0$ und $C = 0$, also die geschätzte der wirklichen Zeit durchschnittlich gleich ist. Es ist möglich, aber durchaus nicht nothwendig, dass dieser Nullwerth mit dem Punkte der größten Unterschiedsempfindlichkeit zusammenfällt. Nach den Untersuchungen von Meumann, mit denen in dieser Beziehung auch die freilich über eine allzugeringe Anzahl von Zeitwerthen sich erstreckenden Versuche F. Schumann's zusammentreffen, liegt jener Indifferenzpunkt bei 0,5—0,6^s. Wenn frühere Beobachter, wie Kollert [2]), Estel [3]), Mehner u. a. etwas größere Zeiten von 0,7^s und darüber fanden, so beruht dies wahrscheinlich nicht auf individuellen Unterschieden, sondern darauf, dass bei diesen Beobachtern der Indifferenzpunkt noch diesseits der kleinsten von ihnen untersuchten Zeiten lag [4]). Nach den Beobachtungen von Estel, Mehner und Glass scheint sich jedoch bei den über den Indifferenzpunkt gelegenen Zeitwerthen der Betrag der Schätzungsdifferenz nicht continuirlich zu vergrößern, sondern in periodischen Schwan-

1) Die Versuche von Thorkelson und Eijner sind übrigens, abgesehen davon, dass ner die Methode der Minimaländerungen, dieser die der mittleren Fehler anwandte, id dass die von E. untersuchten Zeiten noch bedeutend größer waren, weshalb er ch auch eines gewöhnlichen Fünftelsecundenchronometers zur Zeitbestimmung beente, in mehreren Punkten in ihren Bedingungen verschieden. So experimentirte a. mit ausgefüllten, durch einen dauernden Ton hergestellten, E. mit leeren Zeitrecken. Beider Versuche zeigen, wie es bei so großen Zeiten zu erwarten ist, beachtliche Schwankungen, doch sind diese bei Th. relativ größer, theils wegen r geringeren Uebung seiner Versuchspersonen (zumeist Schulkinder) theils wegen des ngeschlagenen halbwissentlichen Verfahrens (siehe unten). Wenn Eijner die Normaliten mit Metronomschlägen oder mit einer einfachen intellectuellen Beschäftigung echnen) ausfüllte, so wurde der mittlere Schätzungswerth verkleinert, und zwar für einere Zeiten mehr als für große.

2) Phil. Stud. I, S. 78.

3) Phil. Stud. II, S. 37.

4) Noch mehr gilt dies von den Versuchen Vierordt's, der übrigens das Verdienst t, zuerst auf die Existenz jenes Indifferenzpunktes hingewiesen zu haben, und bei m derselbe für den Gehörssinn bei 1,5—3,5, für den Tastsinn bei 2,2—2,5^s lag.

kungen, so dass bei Zeitwerthen, welche Multipla des Indifferenzwerthes sind, die Schätzungsdifferenz jedesmal wieder auf ein relatives Minimum herabsinkt. Die Fig. 232 veranschaulicht dies an dem Gang des constanten Fehlers nach den nach der Methode der mittleren Fehler ausgeführten Versuchen von GLASS[1]).

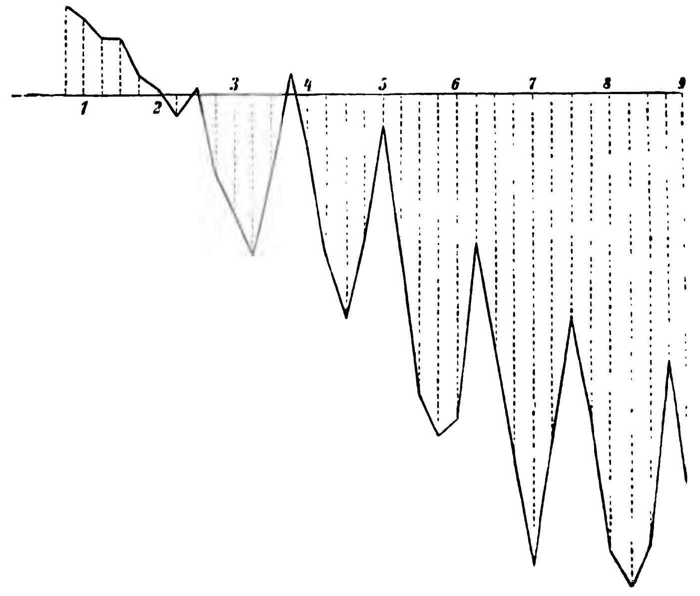


Fig. 232.

Bei der Beurtheilung der Gesammtheit dieser Versuchsergebnisse wird vor allem der Unterschied unmittelbarer und mittelbarer Zeitvergleichung bei den verschieden großen Zeiten in Erwägung zu ziehen sein. Nach den früheren Beobachtungen über den Umfang der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins (Cap. XV, S. 268 ff.) ist in dieser Beziehung das Vorkommen dreier Fälle wahrscheinlich:

1) Die erste Zeitstrecke ist noch vollständig im Bewusstsein, wenn die zweite gegeben wird, beide zusammen bilden also Theile eines einzigen zusammenhängenden Bewusstseinsinhaltes. In diesem Fall, bei dem allein im eigentlichen Sinne von einer unmittelbaren Zeitvergleichung die Rede

1) Da diese Versuche erst bei 0,75" beginnen, so lassen sie nicht entscheiden, ob nicht bei diesem Punkte oder noch unter demselben ein erster Indifferenzwerth liegt. Die Minima des constanten Fehlers sind bei GLASS sämmtlich Multipla von 1,25", nämlich 2,5, 3,75, 5, 6,25, 7,5, 8,75. MEHNER fand nur bei annähernd ungradzahligen Vielfachen der Zeit 0,7 meistens bis auf 0 zurückgehende Minimalwerthe von Δ. Die Versuche MEHNER's sind jedoch insofern kritischen Einwürfen ausgesetzt, als dieser Beobachter seine Versuche allzu sehr auf gewisse Zeitwerthe concentrirte und dadurch vielleicht bestimmten Beobachtungsgewohnheiten einen unbeabsichtigten Einfluss einräumte.

sein kann, werden voraussichtlich die Bedingungen der Vergleichung die günstigsten sein, falls nur die Zeitstrecken groß genug sind, um deutlich aufgefasst zu werden; in Folge dieser letzteren Beschränkung werden bei den größeren der unmittelbar verglichenen Zeitstrecken wieder die Bedingungen am günstigsten sein, während bei den kleinsten ein mit der Verkleinerung wachsender Schätzungsfehler zu erwarten ist. Diese Erwägungen machen es nicht unwahrscheinlich, dass der Indifferenzwerth nahe an der oberen Grenze dieser unmittelbar vergleichbaren Zeitstrecken liegt. Wird die Normalzeit so klein, dass ihre Auffassung erschwert ist, so wird voraussichtlich die Vergleichszeit im Verhältniss zu ihr zu groß gemacht werden, indem der Beobachter sie dem Werth des leichtesten Apperceptionswechsels unwillkürlich zu nähern strebt. Uebrigens werden sich bei dieser unmittelbaren Vergleichung zugleich die Einflüsse unbeabsichtigter rhythmischer Betonung vorzugsweise geltend machen, so dass sowohl unter dem Indifferenzwerth wie bei ihm selbst in Folge der hierdurch bedingten oben erörterten Schätzungsfehler größere Schwankungen und möglicherweise, bei der Ausbildung gewisser Beobachtungsgewohnheiten, constante Abweichungen stattfinden müssen. Dies ist zugleich der Grund, weshalb bei diesen unmittelbaren Zeitschätzungen und namentlich auch bei dem Indifferenzpunkt selbst durchaus nicht nothwendig die größten Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit zu erwarten sind, und weshalb wohl auch scheinbare individuelle Unterschiede des Zeitsinns in Bezug auf die mittlere Schätzungsdifferenz hier den größten Spielraum haben[1]).

2) Die erste Zeitstrecke oder wenigstens der Anfangseindruck derselben ist aus dem Bewusstsein verschwunden, wenn die zweite gegeben wird; aber jede ist hinreichend kurz, um noch als Ganzes im Bewusstsein aufgefasst zu werden. Wir wollen die auf diese Weise entstehende Zeitschätzung als **mittelbare Zeitschätzung erster Art** bezeichnen. Der wahrscheinliche Verlauf des Schätzungsvorgangs bei ihr ist der folgende: Bei dem Eintritt des Anfangseindrucks der zweiten Zeitstrecke wird der Anfangseindruck der ersten assimilirend reproducirt, und es wird nun mit dieser Reproduction die nämliche Folge der Aufmerksamkeitsspannung eingeleitet, welche das erste Zeitintervall begleitete, so dass der Endeindruck der zweiten Zeitstrecke in einem Moment erwartet wird, der annähernd dem Endeindruck der ersten Zeitstrecke entspricht. Offenbar handelt es sich hier nicht mehr um eine unmittelbare, sondern um eine mittelbare Zeitvergleichung; denn nicht die Zeitstrecken selbst werden verglichen, sondern die Vergleichung resultirt erst aus der Repro-

1) Auch die oben erwähnten, gerade diese kleinsten Zeitwerthe betreffenden Differenzen zwischen den Beobachtungen von Estel, Mehner, Glass u. a. dürften hierauf zu beziehen sein.

duction des Aufmerksamkeitsvorganges, bei welcher Reproduction wieder jeweils der vorangehende Act den ihm nachfolgenden ins Bewusstsein ruft. Voraussichtlich werden bei dieser ersten Art mittelbarer Zeitvergleichung noch Schätzungen möglich sein, bei denen eine große subjective Sicherheit des Urtheils besteht, wenn auch bei den Zeiten, die der Grenze sich nähern, wo noch die einzelne Zeitstrecke im Bewusstsein zusammengehalten werden kann, Schwankungen eintreten müssen, indem in einzelnen Fällen diese erste in die folgende, zweite Art der mittelbaren Zeitvergleichung übergeht. Da nun aber von Anfang an bei einer solchen Schätzung einer vorangegangenen Zeit vermittelst der Reproduction des sie begleitenden Aufmerksamkeitsverlaufs die Erwartung des Endeindrucks eine bei willkürlicher Erzeugung des letzteren ihn selbst heranziehenden Einfluss ausübt, wie dies bei den Reactionsversuchen mit vorangehendem Signal die Tendenz zu vorzeitigen Reactionen so deutlich lehrt, so wird durchweg diese mittelbare Zeitvergleichung eine Verkürzung der Vergleichszeit im Verhältniss zur Normalzeit ergeben, und diese Verkürzung wird mit wachsender Normalzeit immer mehr zunehmen müssen. Sind diese Gesichtspunkte zutreffend, so wird der Uebergang von der unmittelbaren zur mittelbaren Zeitvergleichung erster Art etwa in der Gegend der Indifferenzzeit oder, sofern eine feste Grenze zwischen beiden Arten der Zeitvergleichung nicht existirt, jedenfalls nicht erheblich über derselben gelegen sein. Die Unterschiedsempfindlichkeit wird, da die oben erwähnten rhythmischen Einflüsse hier leichter fern zu halten sind, voraussichtlich bei dieser Art mittelbarer Zeitschätzung innerhalb der zu ihr gehörenden kleineren Zeitwerthe am größten sein.

3) Die Normalzeit kann nicht mehr vollständig im Bewusstsein zu einem Ganzen verbunden werden, sondern der Anfangseindruck ist bereits aus dem Bewusstsein verschwunden, wenn der Endeindruck in dasselbe eintritt. Wir wollen die auf solche Weise ausgeführten Zeitvergleichungen als m i t t e l b a r e Z e i t s c h ä t z u n g e n z w e i t e r A r t bezeichnen. Indem hierbei weder die Zeitstrecken selbst verglichen werden, noch auch der Verlauf der Aufmerksamkeitsvorgänge unmittelbar für die Zeitvergleichung in Betracht kommen kann, wird hier nothwendig die Schätzung in hohem Maße unsicher werden. Dies bestätigt auch sowohl die subjective wie die objective Beobachtung, die erstere, indem das Urtheil unsicher wird, die letztere, indem die relative Unterschiedsempfindlichkeit und namentlich die Schwankungen der Beobachtung zunehmen. Es liegt nun aber die Frage nahe, wie denn überhaupt unter diesen Umständen nicht nur eine Zeitschätzung möglich ist, sondern wie sogar der Gang der Unterschiedsschwelle und der mittleren Schätzungsdifferenz noch eine bestimmte Gesetzmäßigkeit darbieten kann. Letztere

beweist, dass jedenfalls unter diesen Bedingungen noch begleitende Vorgänge existiren müssen, welche irgend ein Maß für das Zeiturtheil abgeben. Es ließe sich in dieser Beziehung an zwei Einflüsse denken: erstens an den Grad der Ermüdung, der bei der Auffassung großer Zeitstrecken in Folge der lang dauernden Aufmerksamkeitsspannung entsteht, und zweitens an einen periodischen Verlauf der Aufmerksamkeitsvorgänge, welcher dem bei der mittelbaren Zeitschätzung erster Art stattfindenden ähnlich ist, aber über eine größere Zeitdauer sich erstreckt. Im ersten Fall würde die Vergleichszeit der Normalzeit dann gleichgeschätzt werden, wenn subjectiv der gleiche Grad der Ermüdung der Aufmerksamkeit eingetreten ist, im zweiten Fall würde die Gleichschätzung auch hier dann erfolgen, wenn subjectiv die zweite Aufmerksamkeitsperiode gleich erscheint. Es ist nicht unmöglich, dass diese beiden Einflüsse zusammenwirken; aber zwei Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass das zweite Moment das hauptsächlich maßgebende ist. Die erste dieser Thatsachen besteht in der annähernden Constanz der relativen Unterschiedsempfindlichkeit: fände bei dem Uebergang von der mittelbaren Zeitschätzung erster zu derjenigen zweiter Art ein völliger Wechsel der Processe statt, so würde sich dies voraussichtlich auch in einem mehr oder weniger plötzlichen Abfall der Unterschiedsempfindlichkeit verrathen müssen. Die zweite Thatsache besteht in dem von mehreren Beobachtern gefundenen periodischen Gang der Schätzungsdifferenz, wobei sich die relativen Minima immer als Multipla des Indifferenzwerthes ergaben. Diese letztere Erscheinung legt die Vermuthung nahe, dass jenseits der Grenze mittelbarer Zeitschätzungen erster Art der Verlauf der Aufmerksamkeitsspannungen in der Weise zur Zeitvergleichung verwendet wird, dass immer mehrere Spannungsperioden, deren jede einzelne noch als Ganzes im Bewusstsein zusammenzufassen ist, successiv an einander gereiht werden. Nimmt man dies an, so erscheint die mittelbare Zeitschätzung zweiter Art als eine directe Fortsetzung derjenigen erster Art, und es erklärt sich dann ohne weiteres nicht nur das Gleichbleiben der relativen Unterschiedsschwelle, sondern es wird nun auch jener von der Größe der Indifferenzzeit abhängige periodische Gang der Schätzungsdifferenz vollkommen verständlich. Die Uebertragung des bei der ersten Art mittelbarer Zeitvergleichung angewandten Hülfsmittels auf diese größeren, gar nicht mehr im Bewusstsein zusammenzuhaltenden Zeitstrecken lässt es auch verstehen, dass sich viele Beobachter des Uebergangs der einen Art in die andere gar nicht bewusst werden. Endlich steht eine solche Uebertragung offenbar in nahem Zusammenhang mit der allgemeinen Neigung, größere oder verwickeltere Verbindungen zeitlicher Vorstellungen rhythmisch zu gliedern. Der Punkt des Uebergangs der ersten in die zweite Art mittelbarer Zeitschätzung lässt sich aus den

vorliegenden Beobachtungen noch nicht mit Sicherheit bestimmen. Nach den bei der Untersuchung des Bewusstseinsumfangs gemachten Beobachtungen würde eine Zeit von etwa 4^s als Grenzwerth zwischen beiden Schätzungsarten zu vermuthen sein. Damit stimmt überein, dass, wie mir Meumann mittheilt, er bei einem Zeitwerth von 3—4^s bei den Zeitsinnversuchen bereits eine Neigung die Zeitstrecken zu gliedern wahrzunehmen glaubt.

Versuche über die Genauigkeit der Zeitschätzung wurden zuerst nach verschiedenen Methoden von Vierordt und Mach ausgeführt. Vierordt wandte zur Hervorbringung der Zeiteindrücke die Pendelschläge eines Metronoms an[1]. Die geschätzte Zeit wurde in einer Reihe von Versuchen so gemessen, dass der Beobachter durch Fingerbewegungen, welche auf einem rotirenden Cylinder aufgezeichnet wurden, den nämlichen Tact nachzuahmen suchte. Es wurde dann die Größe des hierbei begangenen mittleren Fehlers bestimmt. In einer andern Versuchsreihe wurden zwei successive Schlagfolgen eines Metronoms mit einander verglichen und dabei nach einem der Methode der richtigen und falschen Fälle ähnlichen Verfahren die Unterschiedsempfindlichkeit für verschiedene Zeitgrößen ermittelt. Mach legte dagegen seinen Versuchen die Methode der eben merklichen Unterschiede zu Grunde. Für größere Zeiträume wurde nach jedem 10., 11., 12.... Schlag einer Taschenuhr ein Signal mit einem Hämmerchen gegeben und geprüft, wie groß der Unterschied zweier vor und nach einem mittleren Hammerschlag gelegenen Intervalle gemacht werden konnte, um eben merklich zu werden. Für kleinere Zeiträume ließ Mach zwei Schalleindrücke, deren Dauer variirt wurde, unmittelbar auf einander folgen[2]. Die nach diesen verschiedenen Methoden gewonnenen Resultate stehen sehr wenig mit einander in Uebereinstimmung. So fand Vierordt nach seiner ersten Methode den Punkt der Indifferenz bei einem Intervall von 1,5—$3,5^s$. Auf viel kleinere Werthe lassen die nach der zweiten Methode von Vierordt und Hoering ausgeführten Versuche schließen[3]. Ebenso nimmt Mach schon bei etwa $0,37^s$ den Punkt der Gleichschätzung an. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass Mach's Versuche nach seiner zweiten Methode nicht direct mit denjenigen Vierordt's und anderer Beobachter verglichen werden können, weil er nicht die Dauer zweier Intervalle, sondern zweier unmittelbar auf einander folgender Schalleindrücke verglich. Zu den Versuchen Kollert's dienten zwei zuvor genau graduirte Metronome. Vor jedem Versuch wurden dieselben gleich eingestellt und ihr gleicher Gang daran geprüft, ob ihre Schläge etwa 20^s lang coincidirten. Am oberen Ende der Pendelstange eines jeden Metronoms war ein kleiner Anker angebracht, welcher von einem Elektromagnete, so lange dessen Strom geschlossen blieb, in der Stellung äußerster Excursion festgehalten wurde. (Vgl. Fig. 211 S. 292.) Der aufzeichnende Beobachter ließ durch nach einander erfolgendes Oeffnen und Schließen des einen Elektromagnetstroms zuerst

---

1) Eine Uebersicht über die Geschichte der Lehre vom Zeitsinn bis auf die neueste Zeit (mit einigen eigenen Beobachtungen über den Einfluss der Aufmerksamkeit und über subjective Täuschungen des Zeitsinns) gibt H. Nichols, Am. Journ. of Psychology, III, p. 453, IV, p. 60 ff.

2) Mach, Wiener Sitzungsber., LI, 2, 1865.

3) Hoering, Versuche über das Unterscheidungsvermögen des Hörsinns für Zeitgrößen. Dissert. Tübingen 1864. Vierordt, Der Zeitsinn, Tübingen 1868, S. 62 ff.

das erste oder Normalmetronom, dessen Schwingungsdauer während der ganzen Versuchsreihe constant blieb, einen Hin- und Hergang machen, wobei zwei Pendelschläge erfolgten; in dem Moment wo dasselbe wieder an seinem Elektromagnet anlangte, wurde der zweite Strom ebenso geöffnet und wieder geschlossen, so dass sogleich nach einer der Normalzeit gleichen Zwischenzeit der erste Schlag des zweiten oder Vergleichsmetronoms einfiel. Von der Gleichheitsstellung ausgehend wurde dann die Schwingungsdauer des Vergleichsmetro-

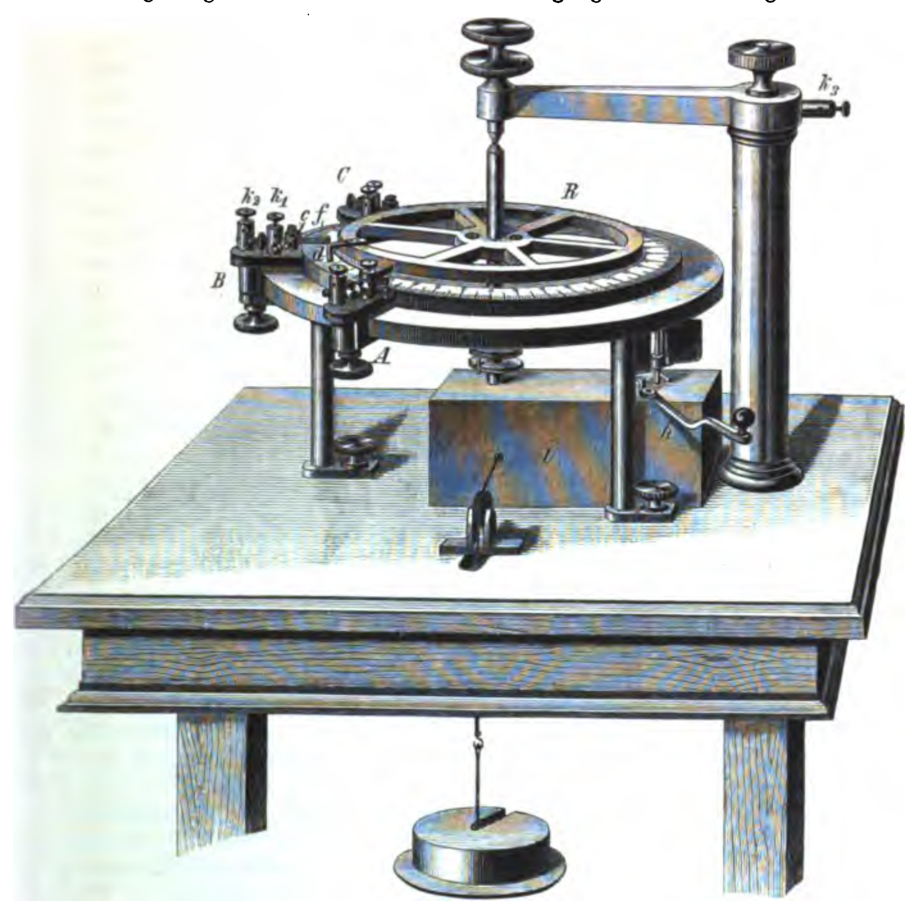


Fig. 233.

noms zuerst bis zum eben übermerklichen verlängert und dann sogleich wieder bis zur eben eintretenden scheinbaren Gleichheit verkürzt: ebenso wurde nach der andern Seite die Schwingung bis zum eben übermerklichen verkürzt und dann bis zu scheinbarer Gleichheit wieder verlängert. Auf diese Weise wurden nach den Bd. I S. 341 ff. erörterten Regeln die Unterschiedsempfindlichkeit und die Schätzungsdifferenz bei verschiedenen Normalzeiten bestimmt. In den Versuchen von Estel, Mehner und Glass wurde statt der Metronomvorrich-

tufig ein eigens construirter **Zeitsinnapparat** angewandt, den die Fig. 233 in seiner neueren, verbesserten Construction darstellt. Er besteht aus einem metallischen Drehrad R, welches durch ein Uhrwerk U in gleichförmige Rotation versetzt wird. Durch Windflügel sowie durch die Schwere des angehängten Gewichts kann die Geschwindigkeit der Drehung innerhalb ziemlich weiter Grenzen variirt werden, während doch die Bewegung eine ausreichend constante bleibt. Mittelst eines in das Kronrad eingreifenden Hebels h kann das Uhrwerk in jedem Augenblick arretirt werden. An dem Drehrad befindet sich ein metallischer Stift d, welcher sich frei auf einer Kreistheilung bewegt, die auf einem fest an den Tisch des Uhrwerks angeschraubten Metallring angebracht ist. An diesem Metallring können mehrere **Auslösungsapparate** A, B, C in jeder Stellung festgeschraubt werden. Die Fig. 234 zeigt einen solchen Auslöser im Grundriss. Derselbe besteht aus einer durch eine Hartgummiunterlage isolirten Contactvorrichtung. Diese besteht zunächst aus einem mit einem federnden Excentrikhebel f, e, c verbundenen Platincontact bei c, dessen Einstellung durch die Doppelschraube r_2 regulirt wird. Dieser Contact kann durch Anstoßen des Stiftes d an den über der Theilung stehenden und zugleich als Zeiger für die Einstellung des Auslösers dienenden Messingfortsatz f mittelst der Wirkung der Feder t momentan und ohne merklichen Widerstand gelöst werden, wodurch der Hebel in die punktirt angedeutete Stellung $f'c'$ übergeht. Die Feder t ist durch die von der Klemme k_2 durch ein isolirendes Zwischenstück getrennte Schraube o fixirt, und es kann ihr durch die ebenso von k_1 isolirte Schraube r_1 die wünschenswerthe Spannung gegeben werden.

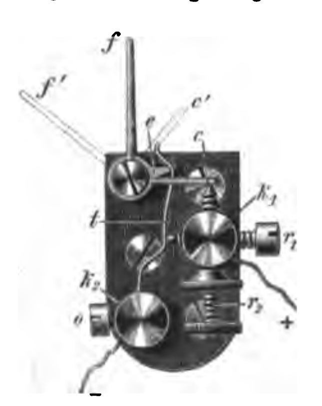


Fig. 234.

Der Auslöser kann sowohl zur Oeffnung eines zuvor geschlossenen Stroms, wie zu einer kurz dauernden Schließung mit darauf folgender Oeffnung verwendet werden. Im ersten Fall leitet man (bei +) den Strom in die Klemme k_1 ein, und (bei —) aus der Klemme k_2 wieder aus: dann wird bei der Lösung des Contacts c der geschlossene Strom geöffnet. Im zweiten Fall leitet man ebenso wie vorhin den Strom bei k_1 ein, aber durch die Klemme k_3 des Rotationsapparates (Fig. 233) aus. Dann wird im Moment der Berührung des Stiftes d mit dem Fortsatz f der Strom geschlossen, aber sofort durch das Zurückspringen des Excentrikhebels f in die Lage $f'c'$ wieder geöffnet. Die erste Einrichtung mit bloßem Oeffnungscontact ist bei solchen Versuchen anzuwenden, bei denen Licht- oder Hautreize, die durch Oeffnungsinductionsschläge ausgelöst werden, als Zeitmarken in Verwendung kommen. Für die Versuche mit momentanen Schalleindrücken bedient man sich dagegen der zweiten Anordnung, indem zugleich der in Fig. 235 dargestellte **elektromagnetische Schallhammer** benützt wird. Derselbe besteht aus einem an einem stählernen Stiel angeschraubten Eisenhammer H, zwischen dem und dem unter ihm befindlichen auf dem Holztisch des Apparates festgeschraubten eisernen Ambos A ein kleiner Zwischenraum bleibt. Der Stiel des Hammers ist um eine auf dem Stativ S befindliche Axe drehbar. Nahe vor seinem Drehpunkt trägt er einen gegen die Eisenkerne des Elektromagnetes E beweglichen Anker. Zur Regulirung der Entfernung zwischen H und A, wie

welcher die Stärke des Schalls abhängt, dient die durch eine Schraube verstellbare Feder *f* am Ende des Hebels, sowie der über *H* angebrachte Dämpfer *d*. Derselbe besteht aus einem mit einem Wattepolster versehenen queren Messingfortsatz, der durch eine Schraubenvorrichtung an einem Stativ in jeder beliebigen Stellung fixirt werden kann. Zugleich werden durch das Wattepolster, sowie durch an beiden Hebelarmen angebrachte Wattehüllen die Schwingungen des Hammers sofort gehemmt, so dass bei seiner Bewegung gegen den Ambos nur ein einmaliger, momentaner Schall entsteht. Die Schrauben 1 und 2 dienen zur Ein- und Ausführung des von den Auslösern *A*, *B*, *C* des Zeitsinnapparats kommenden Elektromagnetstroms. Indem bei der zweiten der oben erwähnten Anordnungen der Auslöser dieser Strom während einer kurzen Zeit geschlossen und dann wieder geöffnet wird, erfolgt während eines Vorbeigangs des Stifts *d* an einem Fortsatz *f* eine einmalige Hin- und Herbewegung von *H* gegen *A* in Folge der kurz dauernden Anziehung des Ankers durch den Elektromagnet *E*. Die übrigen an dem elektromagnetischen Schallhammer in Fig. 235 angebrachten

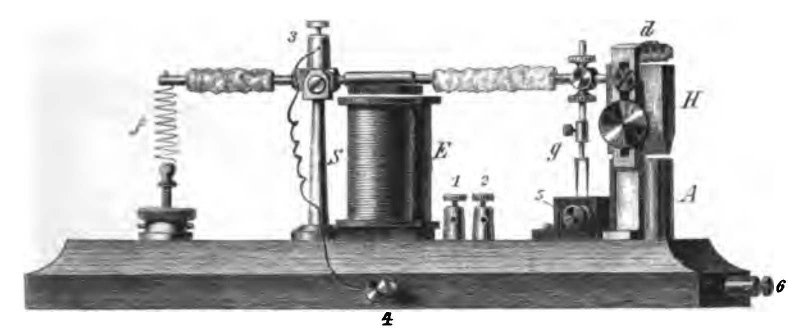


Fig. 235.

Stromverbindungen lassen verschiedene Modificationen der Anwendung dieses Apparates zu, die jedoch für die Zeitsinnversuche unwesentlich sind[1]). Wird das Uhrwerk des Zeitsinnapparats mittelst der Windflügel so regulirt, dass die Umdrehungszeit genau 36^s beträgt, so entspricht der Bewegung des Rades um einen Grad des Theilkreises eine Zeit von $0,1^s$; ein Abstand von $10n$ Graden zwischen den Zeigern *f* zweier Auslöser bringt daher ein Intervall von *n* Secunden Dauer hervor. Um zwei durch eine Zwischenzeit getrennte Zeitstrecken zu vergleichen, benützt man demnach vier in den entsprechenden Distanzen angebrachte Auslöser, von denen die zwei ersten in ihrer Stellung constant blei-

1) So kann man dadurch, dass die Klemmen 1 und 4, 2 und 6 verbunden werden, bewirken, dass im Moment des Contactes zwischen *H* und *A* eine Nebenschließung zu *E* entsteht, wodurch momentan der Anker sich löst; oder man kann die durch ein isolirendes Zwischenstück vom Hammerstiel getrennte Metallgabel *g*, die bei der Herabbewegung des Hammers in zwei Quecksilbernäpfchen des Hartgummiapparates 5 eintaucht, zur momentanen Schließung eines selbständigen Stromes benützen. Für Reactionsversuche verbindet man 4 mit 3 und die Enden einer Nebenleitung des zur Zeitregistrirung dienenden Stromes mit 4 und 6, so dass der durch den Apparat gehende Zweigstrom beim Contact von *H* und *A* geschlossen wird: es kann dann in der Versuchsanordnung der Fig. 215 (S. 322) der Schallhammer statt des Fallapparates *F* verwendet werden.

benden die Normalzeit, die zwei letzten in ihrem Abstand veränderlichen die Vergleichszeit markiren. Führt man Versuche über die Eintheilung einer einzigen Zeitstrecke aus, so benutzt man bloß drei Auslöser, wie das in Fig. 233 dargestellt ist, wobei dann je nach dem besonderen Zweck der mittlere *B* oder der letzte *C* in seiner Stellung variirt werden kann. Die Versuche nach der Methode der mittleren Fehler führte Glass dergestalt aus, dass er nur zwei Auslöser mit während einer Versuchsreihe constanter Stellung anwandte und durch den Arretirungshebel im Moment, wo eine der Normalzeit gleiche Zeit abgelaufen war, das Uhrwerk plötzlich zum Stillstand brachte; die Vergleichszeit wurde dann an der Stellung des Stiftes *d* abgelesen. Den dabei begangenen Registrirungsfehler suchte Glass durch graphische Controlversuche, in denen Normal- und Vergleichszeit durch Registrirbewegung auf einer Kymographiontrommel aufgezeichnet wurden, besonders zu bestimmen.

Handelt es sich um die Untersuchung sehr kleiner Zeitstrecken, so ist der oben beschriebene Zeitsinnapparat nicht mehr anwendbar, weil dann die Zeit-

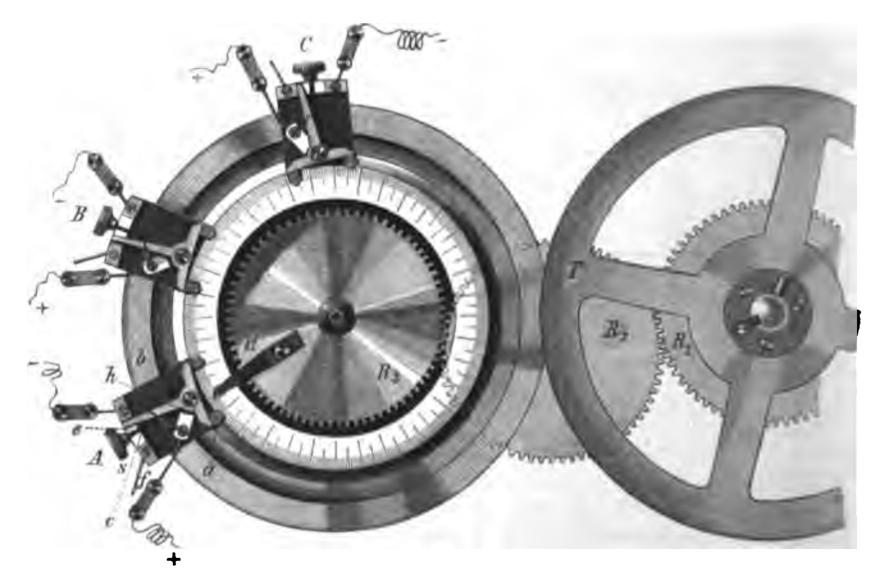


Fig. 236.

angaben desselben nicht mehr genau genug sind. Es muss dann ein anderer Apparat angewandt werden, welcher bei erheblich größerer Rotationsgeschwindigkeit noch exacte Zeitbestimmungen möglich macht. Diesem Zweck dient der in Fig. 236 dargestellte **Zeitsinnapparat für kleine Zeitstrecken**. Derselbe bildet einen auch noch für manche andere Zwecke brauchbaren Anhangsapparat zu dem Baltzar'schen Kymographion neuster Construction. Dieses gestattet durch die an ihm ausführbaren Verstellungen der Räder und der Frictionsscheibe die enorme Variirung der Umdrehungsgeschwindigkeit von 1 Stunde im Minimum bis zu 2^s im Maximum. Außerdem befindet sich an ihm eine Einrichtung zur verticalen Abwärtsbewegung der Trommel, welche, wenn diese gleichzeitig zu graphischen Registrirungen benutzt wird, sehr nützlich ist. Bei grö-

Rotationsgeschwindigkeiten wird die Trommel zur Vornahme von Registrirungen am besten mit berußtem Papier überspannt bei den kleinsten kann sie durch zwei Rollen ersetzt werden, deren eine von der andern einen unendlichen Papierstreifen abrollt, auf den mit Farbe registrirt wird. Für Zeitsinnversuche kommen nur die größten Geschwindigkeiten zur Anwendung, da für die kleineren der oben beschriebene Zeitsinnapparat besser angewandt wird. In Fig. 236 ist von dem Baltzar'schen Kymographion nur die Trommel T mit dem fest mit ihr verbundenen Zahnrade R_1 schematisch angedeutet. An dieses letztere schließt sich nun vermittelst des der Uebertragung dienenden Zahnrades R_2 der eigentliche Zeitsinnapparat an. Er besteht in einem in die Zähne von R_2 eingreifenden Zahnrad R_3, an welchem der Metallzeiger d festgeschraubt ist. Dieser bewegt sich über einer in 360 Grade eingetheilten Kreistheilung. Unter der Kreistheilung befindet sich mit ihr und mit dem Tisch des Apparates fest verbunden ein nach innen mit einer Rinne versehener Metallring. An diesem sind wieder eine Anzahl von Auslösungsapparaten, von denen in der Fig. 236 drei dargestellt sind, A, B, C, verschiebbar und in jeder Stellung fixirbar. Jeder Auslöser besteht aus einem an seinem gegen die Kreistheilung gerichteten Ende gabelförmig, auf der entgegengesetzten Seite aber in einem Contactfortsatz auslaufenden Hebel h, der auf einer Hartgummiplatte befestigt ist. Durch eine kleine Feder wird dieser Contactfortsatz gegen seine Unterlage gedrückt. Am äußeren Ende des Auslösers befindet sich die zu seiner Fixirung bestimmte Schraube s; ferner ruhen hier auf der isolirenden Unterlage die beiden durch einen kleinen Zwischenraum getrennten Platinplättchen c und e. Der Strom kann entweder an der durch $+$ bezeichneten Stelle direct zum Hebel h oder aber durch den Fortsatz f zum Platincontact c geleitet werden; bei — wird unter allen Umständen der Strom abgeleitet. Der Apparat B zeigt die Stellung des Hebels h vor dem Vorübergang des Zeigers d, der Apparat A zeigt sie während eines Vorübergangs. Aus diesen Stellungen ist ersichtlich, dass bei der ersten der oben erwähnten Anordnungen (Strom von $+$ zu —) der Strom beim Anstoßen von d an den ersten Fortsatz a geschlossen und dann beim Anstoßen an den zweiten Fortsatz b wieder geöffnet wird. Bei der zweiten Anordnung dagegen (Strom von f zu —) wird der Strom nur während der sehr kurzen Zeit geschlossen, während deren der Contactfortsatz des Hebels h die Platinplättchen c und e in leitende Verbindung setzt. Bei Schallversuchen bedient man sich am zweckmäßigsten der ersten dieser Vorrichtungen, während die zweite z. B. für die Auslösung momentaner elektrischer Haut- oder Lichtreize dienen kann. Zur Herstellung der kleinsten Zeitstrecken unter etwa $0,4^s$ nehmen übrigens auch diese Auslöser selbst bei der größten Rotationsgeschwindigkeit einen zu großen Raum ein. Für diesen Fall bedient man sich daher zweckmäßig kleiner Federcontacte, die auf einer sehr schmalen, am Theilkreis fixirbaren Hartgummiunterlage angebracht sind, und bei deren Anwendung man den Strom direct durch das Rad R_3 ein- und durch eine mit der Contactfeder verbundene Schraubenklemme ausleitet. Es wird dann unmittelbar durch die rasch vorübergehende Berührung des Zeigers d und der Contactfeder der Strom während einer kurzen Zeit geschlossen und sofort wieder geöffnet. Mittelst dieser kleinen Apparate gelang es Meumann bis zu Zeitstrecken von $0,05^s$ Normalzeit mit kleinsten genau einstellbaren Variationen der Vergleichszeit von $0,002^s$ herabzugehen. Bei der Ausführung der Versuche befindet sich, gerade so wie bei den Reactionsversuchen die chronometrische Vorrichtung, der Zeitsinnapparat mit

den sonstigen für den Experimentator erforderlichen Hülfsapparaten in einem von dem Beobachter und dem zur Reizeinwirkung bestimmten Apparat entfernten Zimmer, mit diesem durch eine hinreichende Zahl von elektrischen Leitungen verbunden. Gerade bei den Zeitsinnversuchen ist es sehr wesentlich, dass der Beobachter in einem Raume arbeitet, in dem er nur die Zeiteindrücke wahrnimmt und vor allen sonstigen Störungen geschützt bleibt. Alle älteren und viele neuere Beobachtungen sind durch die Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaßregel mit schwer zu ermessenden Fehlern behaftet.

Die speciellen Verfahrungsweisen bei Ausführung der Versuche gestalten sich nun genau nach den bei den Maßmethoden der Empfindung angegebenen Regeln[1]). Verfährt man nach der Methode der Minimaländerungen, so werden zunächst die Zeitwerthe t'_0 und t''_0 ermittelt, bei denen eben eine Verlängerung (t'_0) resp. ein Wiedergleichwerden (t''_0) mit der Normalzeit t eintritt; ebenso werden das verkürzte und das wieder gleich erscheinende Intervall t'_u und t''_u, bestimmt. Aus ihnen gewinnt man die mittleren Werthe $t_0 = \frac{t'_0 + t''_0}{2}$ und $t_u = \frac{t'_u + t''_u}{2}$, die den bei der Messung der Empfindungsintensität erhaltenen Werthen r_0 und r_u entsprechen, und hieraus die beiden Unterschiedsschwellen $\varDelta t_0 = t_0 - t$ und $\varDelta t_u = t - t_u$. Daraus ergibt sich ferner die mittlere Unterschiedsschwelle $\varDelta t = \frac{\varDelta t_0 + \varDelta t_u}{2}$, und in dem Quotienten $\frac{t}{\varDelta t}$ das Maß der relativen Unterschiedsempfindlichkeit. Den Schätzungswerth T der Zeit aber erhält man aus der Beziehung:

$$T = \frac{t_0 + t_u}{2} = t_0 - \varDelta t = t_u + \varDelta t \; ,$$

und daraus die Schätzungsdifferenz

$$\varDelta = T - t = \frac{\varDelta t_0 - \varDelta t_u}{2} \; .$$

Bei dem großen Einflusse, welchen die Spannung der Aufmerksamkeit auf die Zeitschätzung ausübt, ist aber der Erwartungsfehler, der sich überall bei der Anwendung eines regelmäßigen Abstufungsverfahrens geltend macht, bei den Zeitsinnversuchen im allgemeinen viel größer als bei den Intensitätsversuchen. Es dürfte sich daher empfehlen, hier in Zukunft in der früher (I, S. 3[illegible]) angegebenen Weise bei der Methode der Minimaländerungen das Verfahren der unregelmäßigen Variation des Vergleichsreizes anzuwenden[2]).

Bedient man sich der Methode der mittleren Fehler, so werden hier, wie früher (I, S. 346) erwähnt, aus den unmittelbar beobachteten rohen Fehlern die mittleren variabeln Fehler f_m und der eigentliche constante Fehler C ermit-

1) Vgl. oben Bd. I, S. 341 ff.

2) Um den Erwartungsfehler zu eliminiren, hat schon Thorkelson (Undersøgelser over Tidssansen. Christiania 1885) eine Modification der Methode der Minimaländerungen in Vorschlag gebracht, nach welcher die regelmäßige Abstufung beibehalten, aber das Verfahren insofern zu einem unwissentlichen gemacht wurde, als der Beobachter über die Richtung der ersten Veränderung im ungewissen blieb. Dieses Verfahren gehört aber zu den halbwissentlichen, die sich überall als die ungünstigsten erweisen. Will man zu dem, hier besondere Vortheile darbietenden, ganz unwissentlichen Verfahren übergehen, so bleibt nur die oben vorgeschlagene unregelmäßige Variation der Vergleichszeit übrig.

telt. Es ist dann der Quotient $\frac{f_m}{t}$ der relativen Unterschiedsempfindlichkeit reciprok, und der Fehler C entspricht der Schätzungsdifferenz Δ, so dass der Schätzungswerth T aus der Beziehung $T = t \pm C$ gefunden werden kann. Will man das Verfahren der Selbsteinstellung des Versuchsreizes auf die Zeitsinnversuche anwenden, so ist dies nun aber in diesem Fall mit nothwendigen Fehlern behaftet: es bleibt nämlich nichts anderes übrig, als, wie es noch Glass gethan, den die Vergleichszeit abschließenden Eindruck selbst durch eine eigene Reactionsbewegung hervorzubringen. Hierbei fällt aber nicht nur die sonst bei dem unmittelbaren Verfahren zur Aufsuchung der genauesten Schätzungswerthe dienende Auf- und Abbewegung des Vergleichsreizes hinweg, sondern es ist auch dieses Verfahren mit einem Reactionsfehler behaftet, der durch die besondere Bestimmung der Reactionszeit so viel als möglich eliminirt werden muss. Deshalb ist es jedenfalls zweckentsprechender, hier in Zukunft das mittelbare Verfahren (I, S. 347) zu benützen, bei welchem freilich stets Experimentator und Beobachter verschiedene Personen sein müssen, was aber hier wegen der oben erwähnten Isolirung des Beobachters ohnehin wünschenswerth ist.

Selbstverständlich kann auch die Methode der richtigen und falschen Fälle auf den Zeitsinn angewandt werden. Abgesehen von den noch nicht vollständig den Principien derselben gerecht werdenden älteren Versuchen Vierordt's, hat bis jetzt F. Schumann Versuche nach dieser Methode ausgeführt. Doch gestattet sie aus den früher (I, S. 353) erwähnten Gründen keine sichere Bestimmung der Unterschiedsschwelle, die doch in diesem Fall ein besonderes Interesse besitzt; auch dürfte es schwer sein, bei einer hinreichend großen Zahl von Zeitstrecken vergleichbare Bestimmungen des Präcisionsmaßes zu gewinnen. Endlich ist aber diese Methode, weil bei ihr nothwendig ein willkürlicher Wechsel in der Reihenfolge der Normal- und der Vergleichszeit stattfinden muss, aus den unten zu erörternden Gründen auf die unmittelbare Zeitvergleichung, also auf ein sehr enges Gebiet von Zeitstrecken beschränkt. Sie ist also nicht nur auf die mittelbare Zeitschätzung, sondern auch auf alle die Fragen, die sich auf das Verhältniss beider Arten der Zeitschätzung zu einander beziehen, unanwendbar. So haben denn auch die Versuche Schumann's trotz ihrer großen Anzahl kaum über irgend eine der den Zeitsinn betreffenden thatsächlichen Fragen Aufschluss zu geben vermocht[1]). Gleichwohl würden Versuche nach dieser Methode unter Berücksichtigung der neueren theoretischen und experimentellen Prüfungen derselben (I, S. 352 ff.) erwünscht sein, insbesondere wenn dabei gleichzeitig solche nach den andern Methoden zur Vergleichung herangezogen würden. Das oben vorgeschlagene Verfahren der unregelmäßigen Variation des Vergleichsreizes bei der Minimalmethode dürfte sich dazu am besten eignen, da es, wie früher (I, S. 344) erwähnt, unmittelbar ein Versuchsmaterial liefert, welches gleichzeitig nach den Principien der verschiedenen Methoden behandelt werden kann.

Nicht nur in den sämmtlichen älteren Versuchen über den Zeitsinn, sondern auch in den meisten neueren wurde, wie dies oben geschildert ist, derart verfahren, dass die Normalzeit voranging, die Vergleichszeit nachfolgte.

1) Vgl. hierzu die Kritik der Arbeit Schumann's von E. Meumann, Phil. Stud. VIII, S. 456 ff.

Dies hatte seinen Grund augenscheinlich darin, dass eine Zeit, mit der man eine andere vergleichen soll, gegeben sein muss, ehe man die Vergleichung ausführt. Dagegen hat FECHNER [1]) zuerst die Forderung erhoben, es müsse der Zeitfehler bei dem Zeitsinn ebenso gut wie bei andern psychophysischen Versuchen durch den Wechsel der Zeitlage eliminirt werden, indem man in einem Theil der Beobachtungen die Normalzeit, in einem andern aber die variable Vergleichszeit vorangehen lasse und aus beiden Resultaten das Mittel nehme. Die nähere Erwägung der oben erörterten Bedingungen der Zeitschätzung lehrt jedoch, dass die FECHNER'sche Forderung nur bei der unmittelbaren Zeitvergleichung, also nur bei einem sehr kleinen Theil der Zeitstrecken, über die sich die Versuche überhaupt erstrecken, ausführbar ist. Nur dann nämlich, wenn die zwei Zeitstrecken zu einem unmittelbar im Bewusstsein gegebenen Ganzen verbunden werden, kann die Vergleichung in beliebig wechselnder Weise vorgenommen werden, da sie in diesem Fall ein Vorgang ist, der immer erst der ganzen, die beiden Zeittheile enthaltenden Vorstellung nachfolgt. Bei der unmittelbaren Zeitvergleichung wird es daher in der That nicht nur wünschenswerth sondern auch erforderlich sein, einen Zeitwechsel eintreten zu lassen, sei es in der Form eines regelmäßigen Wechsels (bei dem Abstufungsverfahren), sei es in der eines willkürlichen (bei der unregelmäßigen Variation des Vergleichsreizes), wobei die letztere Methode wieder wegen der größeren Unwissentlichkeit des Verfahrens vorzuziehen ist. Dies verhält sich aber anders bei den beiden Arten mittelbarer Zeitschätzung, wo ein Vorangehen der Vergleichszeit durch die Versuchsbedingungen völlig ausgeschlossen ist. Indem man schon bei der mittelbaren Zeitschätzung erster Art nicht die Zeitstrecken selbst vergleichen kann, da ja die erste schon aus dem Bewusstsein verschwunden ist, wenn die zweite eintritt, sondern indem man diese Vergleichung immer nur mittelst des Ablaufs eines Aufmerksamkeitsvorgangs, der einem vorangegangenen gleicht, vornehmen kann, ist es schlechthin unmöglich, dass hier die nachfolgende Zeit zur Normalzeit gemacht werde, nach welcher die vorangehende abgemessen werden soll. Wo trotzdem die Bestimmung getroffen wird, dass die vorangehende Zeitstrecke variabel sei und als Vergleichszeit benutzt werde, da wird man daher entweder der Vorschrift entgegen trotzdem die erste Zeit zur Normalzeit nehmen und auf diese Weise eine fortwährend variable Normalzeit benutzen, während man eine constante zu haben glaubt; oder es wird jedesmal nicht die Normalzeit desselben, sondern des vorangehenden Versuchs als Normalzeit dienen: man wird also wieder eine vorangehende Normalzeit haben, aber die vermeintliche Zwischenzeit der Intervalle wird die Pause zwischen zwei Versuchen, und die vermeintliche Pause wird Zwischenzeit sein, eine Vertauschung, die natürlich die Sicherheit der Beobachtungen erheblich beeinträchtigt, aber zu einer Elimination des Zeitfehlers nicht führen kann.

Als ein störendes Moment macht sich endlich, wie ESTEL [2]) zuerst beobachtete und dann MEHNER, GLASS u. A. bestätigten, zuweilen der Contrast geltend, namentlich dann, wenn Versuche mit sehr verschiedenen Zeitstrecken auf einander folgen: er besteht darin, dass größere Zeiten, die nach kleinen kommen, überschätzt, kleinere, die nach größeren kommen, unterschätzt werden. Stärkere Contraste werden vermieden, indem man in einer und derselben

---

1) FECHNER, Abh. der kgl. sächs. Ges. der Wiss. Math.-phys. Cl. XIII. S. 58
2) ESTEL, Phil. Stud. II, S. 55.

Versuchsgruppe nicht allzu viele verschiedene Zeiten zusammenfasst; kleinere können dadurch eliminirt werden, dass man Versuche verschiedener Richtung, also solche, in denen kleinere auf größere, und andere, in denen größere auf kleinere Zeiten folgen, combinirt. Manche der vermeintlichen Contrastwirkungen sind übrigens vielleicht auch auf die früher ganz übersehenen Einflüsse der subjectiven Betonung und rhythmischen Gliederung zurückzuführen. Dass letztere überall, wo es sich nicht gerade um das Studium ihres Einflusses selbst handelt, möglichst fern zu halten sind, versteht sich von selbst.

Die Theorien des Zeitsinns lassen sich in zwei Gruppen trennen. Die erste umfasst diejenigen Ansichten, welche die Zeitanschauung auf einen einzelnen Bewusstseinsinhalt zurückführen, die zweite jene Anschauungen, welche das Zeitliche als eine allen unsern innern Erlebnissen zukommende Eigenschaft betrachten, die darum nur aus dem gesammten Zusammenhang derselben erklärt werden könne, während bestimmte einzelne Bewusstseinsvorgänge immer nur die Größe der vorhandenen Zeitvorstellungen modificiren. Will man die Zeitanschauung an einen einzelnen Bewusstseinsinhalt binden, so kann man diesen wieder entweder als einen specifischen, als eine Art von Zeitempfindung ansehen, oder man kann annehmen, dass die Zeitvorstellung an bestimmte andere, außer durch ihre zeitliche Eigenschaft auch noch durch andere Bewusstseinsqualitäten sich auszeichnende Inhalte gebunden sei. Eine specifische Zeitempfindung ist, nach Analogie der von Manchen vorausgesetzten Raumempfindungen, von Mach angenommen worden[1]. Die Ansicht, dass die Zeitvorstellung an eine bestimmte einzelne, auch durch sonstige Eigenschaften bekannte Bewusstseinsqualität gebunden sei, ist ebenfalls von Mach[2] in einer früheren Arbeit und dann von Münsterberg[3] vertreten worden. Nach dem letzteren sind die Muskelempfindungen die Vermittler der Zeitvorstellungen, insbesondere sollen diese aus den die Muskelspannungen und -entspannungen begleitenden Empfindungen hervorgehen. Da solche Muskelempfindungen, wie sie z. B. durch die Athembewegungen erzeugt werden, immer vorhanden seien, so erkläre sich hieraus die Continuität des subjectiven Zeitverlaufs. Die zur Begründung dieser Hypothese ausgeführten Versuche sind theils fehlerhaft angestellt, theils fehlerhaft interpretirt[4]. Ueber die wirklichen Eigenschaften der Zeitvorstellungen wird durch dieselbe um so weniger Rechenschaft gegeben, als die Muskelempfindungen außer dem Zeiturtheil noch eine Menge ganz heterogener Dinge, z. B. den Raumsinn, das Intensitätsmaß der Empfindungen, die Aufmerksamkeit, vermitteln sollen. Verwandt der Ansicht Münsterberg's ist die Schumann's[5]. Was bei jenem Spannung und Entspannung der Muskeln, das besorgen bei diesem Erwartung und Ueberraschung, die beide als Phänomene der »Einstellung der sinnlichen Aufmerksamkeit« betrachtet werden. In dieser letzteren scheint Schumann die eigentliche Zeitvorstellung zu erblicken, während das Urtheil über das Verhältniss von Zeitgrößen immer auf Erwartung und Ueberraschung sich stütze, und zwar so, dass der Erwartung das Urtheil »größer«, der Ueberraschung das Urtheil »kleiner« entspreche.

1) Beiträge zur Analyse der Empfindungen, S. 108.
2) Mach, Wiener Sitzungsber. Math.-naturw. Cl. LI, S. 147.
3) Münsterberg, Beiträge zur exp. Psych. IV, S. 89 ff.
4) Vgl. die Kritik E. Meumann's, a. a. O. S. 442 ff.
5) F. Schumann, Zeitschr. f. Psychol. u. Phys. der Sinnesorg. IV, S. 1 ff.

Abgesehen von ihrer mangelhaften experimentellen Begründung[1]) begeht diese Hypothese den nämlichen Fehler wie die vorangegangene, dass sie die zeitliche Eigenschaft an irgend welche besonderen Bewusstseinsqualitäten bindet, während jene Eigenschaft doch thatsächlich jedem Bewusstseinsinhalt zukommt, und insbesondere auch dann zukommt, wenn von jenen Zuständen der »Einstellung der sinnlichen Aufmerksamkeit« gar nichts in der inneren Wahrnehmung anzutreffen ist. Außerdem ist mit dieser Zurückführung nur das Unbekannte durch ein noch Unbekannteres definirt, da ein Versuch die »Einstellung der sinnlichen Aufmerksamkeit« psychologisch zu analysiren nicht gemacht wird. Alle Hypothesen der ersten Gruppe verfallen so, indem sie die Zeitvorstellung aus irgend etwas anderem ableiten wollen, was sie an und für sich noch nicht ist, unvermeidlich in den Fehler, dass sie gewisse Momente, welche die Zeitvorstellung unter Umständen beeinflussen können, zur Zeitvorstellung selber machen, wobei dann überdies in der Wahl jener Momente meist willkürlich oder nach ungenügenden Merkmalen verfahren wird. Es ist das Verdienst E. MEUMANN's, durch die sorgfältige Untersuchung der bisher fast ganz der Beachtung entgangenen qualitativen Einflüsse auf die Zeitschätzung, wie Betonung, Qualitätswechsel Rhythmus und dergl., einer gesicherteren Theorie des Zeitsinns die ersten Unterlagen gegeben zu haben, wobei freilich der quantitativen Untersuchung noch manche Frage definitiv zu beantworten übrig bleibt. Eine solche Theorie muss aber nothwendig die zeitlichen Eigenschaften der Vorstellungen als ein allen Bewusstseinsinhalten zukommendes anerkennen, dessen Bedingung nicht in irgend einer einzelnen Empfindung oder Vorstellung, sondern nur in dem gesucht werden kann, dessen Aufhebung allein die Zeitanschauung aufhebt: in den durchgängigen Associationen unserer Vorstellungen und sonstigen Bewusstseinsinhalte. Auf die relative Größe der Zeitvorstellungen sind dann aber vor allem die Apperceptionsprocesse, ihre Intensität, ihr Wechsel, von maßgebendem Einfluss.

Aus dieser Auffassung erklären sich nun auch leicht manche Thatsachen der gewöhnlichen Erfahrung, die in das Gebiet des Zeitgedächtnisses gehören, die man aber dem eigentlichen Zeitsinn kaum zurechnen kann, da es sich dabei nicht mehr um bestimmte Zeitvergleichungen handelt. So verfließt uns im allgemeinen die Zeit am schnellsten, wenn uns eine andauernde, aber nicht zu anstrengende Beschäftigung fesselt; sie verfließt uns langsam sowohl bei einer bis zur Ermüdung anstrengenden Thätigkeit wie namentlich auch beim völligen Mangel an Beschäftigung, in der Langeweile. Die Vorstellung des langsamen Abflusses der Zeit entspringt im ersten Fall aus der Spannung der Aufmerksamkeit, im zweiten Fall aus ihrer Spannung auf zukünftige Eindrücke. Darum wird uns z. B. die Zeit sehr lang, wenn wir Jemand erwarten. Dem mit Arbeit Beschäftigten verfließt aber nur dann die Zeit schnell, wenn seine Aufmerksamkeit durch Eindrücke gefesselt wird, die gleichartig sind und mit einander in Zusammenhang stehen; sie verfließt langsam, wenn die Eindrücke außerordentlich wechselnd und verschiedenartig sind, z. B. auf einer Reise. Verschieden davon ist die Schätzung der vergangenen Zeit. Für sie ist regelmäßig nur der Inhalt der erinnerten Zeitstrecke maßgebend. Ist dieser Inhalt mannigfaltig, so erscheint uns die durchlebte Zeitstrecke groß; ist er einförmig, so erscheint sie uns klein. Darum ist die Zeit nur während der Langeweile lang, nach ihr erscheint sie kurz. Auf diese Weise vertheilen sich

1) Vgl. hierüber MEUMANN a. a. O. S. 456 ff.

die beiden Momente der Intensität und des Wechsels der Aufmerksamkeit derart, dass auf das unmittelbare Zeitbewusstsein beide annähernd gleich, auf die zeitlichen Erinnerungsvorstellungen aber nur der zweite von Einfluss ist. Dies erklärt sich leicht daraus, dass die Reproduction zwar den Wechsel der Eindrücke einigermaßen treu, nur unvollkommen aber die durch sie hervorgerufene Anstrengung der Aufmerksamkeit wiedererneuern kann, und letzteres natürlich dann am wenigsten, wenn diese Spannung selbst nur auf erwartete Eindrücke gerichtet war, wie in der Langeweile.

6. Einfluss der Zeit auf die Erinnerungsvorgänge.

An die in den vorangegangenen Abtheilungen dieses Capitels erörterten zeitlichen Verhältnisse der Vorstellungen schließen wir hier noch eine Betrachtung des Zeiteinflusses auf gewisse, durch ihre Bedeutung für die psychische Entwicklung besonders wichtige Associationen, nämlich auf die Erinnerungsvorgänge, an. Ueber die zeitliche Dauer der Associationen ist schon oben (S. 375) gehandelt worden. Die Beantwortung der Frage, in welcher Weise das Stattfinden einer Erinnerungsassociation und besonders das Verhältniss der reproducirten zu der ursprünglichen Vorstellung von der zwischenliegenden Zeit abhängt, bildet daher eine Ergänzung der dort geführten Untersuchung. Die specielle hier vorliegende Aufgabe aber können wir auch das Problem des Gedächtnisses nennen, insofern wir unter dem Gedächtnisse die Fähigkeit verstehen, Vorstellungen, die den allgemeinen Charakter der Erinnerungsbilder besitzen, als Zeichen zu betrachten, die auf früher gehabte Vorstellungen, insbesondere Sinneswahrnehmungen hinweisen. In der Regel verwechselt man hierbei das Zeichen mit der Sache und betrachtet die Erinnerungsbilder als mehr oder weniger unveränderte oder höchstens in ihrer Stärke und Klarheit abgeschwächte Wiederholungen der ursprünglichen Vorstellungen. Die genauere Beobachtung zeigt aber, dass in Wahrheit ihre Verschiedenheit von den ihnen entsprechenden erinnerten Vorstellungen so bedeutend und dabei zugleich bei einem und demselben Gegenstand so wechselnd ist, dass der Vorgang nicht auf einer hier fälschlich vorausgesetzten Identität, sondern nur darauf beruhen kann, dass sich mit dem Erinnerungsbild irgend eine Beziehung auf die frühere Vorstellung im Bewusstsein verbindet, welche Beziehung, wie wir im nächsten Capitel sehen werden, in einem bestimmten Gefühl ihren Ausdruck findet. Sind hiernach die Erinnerungsbilder nicht Wiederholungen, sondern mehr oder minder adäquate Zeichen der erinnerten Vorstellungen, so können nun aber gleichwohl diese Zeichen eine größere oder geringere Sicherheit für die Unterscheidung von neuen Eindrücken darbieten, und diese Eigenschaft ist es, die wir dann als den Grad der Treue der Erinnerung bezeichnen.

Das nächste Gedächtnissproblem besteht nun darin, diese Treue der Erinnerung in ihrer Abhängigkeit von der der seit dem ursprünglichen Eindruck verflossenen Zeit zu bestimmen.

Die einfachsten Bedingungen bieten sich hier offenbar dann der Untersuchung dar, wenn ein qualitativ einfacher Eindruck gegeben und die Treue seiner Reproduction nach einer bestimmten, innerhalb angemessener Grenzen variabel zu nehmenden Zwischenzeit geprüft wird. Erzeugt man z. B. einen Ton, so wird die Erinnerung an denselben nach einer Zwischenzeit von 1, 2, 3, 4 . . . . Sec. mehr oder weniger treu, keineswegs aber immer gleich treu sein, sondern es ist von vornherein nach allgemein geläufigen Erfahrungen vorauszusetzen, dass die Treue der Erinnerung mit der Verlängerung der Zwischenzeit abnimmt. Nach welchem Gesetze sie abnimmt, dies zu ermitteln, ist eine Aufgabe der experimentellen Untersuchung. Selbstverständlich kann hier eine Maßbestimmung nur dadurch gewonnen werden, dass man einen neuen Eindruck zu Hülfe nimmt, dass man also in dem angeführten Beispiel nach einer bestimmten Zwischenzeit einen dem ursprünglichen Ton gleichen oder von ihm um einen bekannten Höhenunterschied abweichenden einwirken lässt und nun ermittelt, mit welcher Feinheit die Abweichungen von der Gleichheit erkannt werden. Man wird damit von selbst auf die Methode der richtigen und falschen Fälle hingewiesen, die hier mit einer den Umständen entsprechenden Modification angewandt werden kann. Bis jetzt sind von relativ einfachen Sinnesvorstellungen nur die Tonhöhen einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden. Zu diesem Behufe bediente sich K. H. Wolfe der an einer früheren Stelle (I, S. 461) beschriebenen Appunn'schen Tonmesser[1]). Die Intensität der Töne war möglichst constant, die Dauer jedes einzelnen Tones betrug eine Secunde. Zur Messung der zwischen dem Hauptton und dem Vergleichston liegenden Zwischenzeit diente ein Metronom oder Chronometer. Die Versuche werden hiernach in folgender Weise ausgeführt: Ein Ton wird angegeben, und nach der voraus bestimmten Zeit wird entweder derselbe Ton wiederholt oder ein anderer etwas höherer oder tieferer erzeugt. Die Versuchsperson schreibt ihre Urtheile zunächst nach den zwei Rubriken: gleich (=) und verschieden nieder. Sind die Töne ungleich, so kann außerdem der zweite höher oder tiefer (*u*) als der erste zu liegen scheinen, oder die Tonhöhe kann zweifelhaft bleiben (*z*). Den Tonunterschied in den Fällen, wo verschiedene Töne zur Vergleichung geboten werden, nimmt man am zweckmäßigsten gleich 4, 8 oder 12 Schwingungen in der Sec. und lässt ihn während einer Versuchsgruppe constant, nur dass er bald positiv bald negativ ist, bald m-

1) K. H. Wolfe, Phil. Stud. III, S. 534 ff.

dem Unterschied Null abwechselt. Damit sich das Gehör nicht zu sehr an bestimmte Töne gewöhne, lässt man ferner den ersten oder Normalton zweckmäßig innerhalb engerer Grenzen wechseln. Werden nun solche Beobachtungen in großer Zahl ausgeführt, so gewinnt man schließlich in der Procentzahl richtiger Fälle der Schätzung oder allgemein in dem Quotienten $\frac{r}{n}$ ein Maß für die Genauigkeit derselben unter bestimmten constant erhaltenen Bedingungen, und die Veränderungen dieser Größe unter wechselnden Bedingungen lassen auf entsprechende Veränderungen in der Schärfe der Erinnerung zurückschließen.

Als erste und wichtigste dieser verändernden Bedingungen ist die Größe der zwischen Eindruck und Erinnerung verfließenden Zeit voranzustellen. Hier zeigt sich nun zunächst, dass eine gewisse Zeit von etwa 2^s nach stattgehabtem Eindruck verfließen muss, ehe die Erinnerung ihre größte Sicherheit erreicht. Von da an sinkt sie zuerst rasch

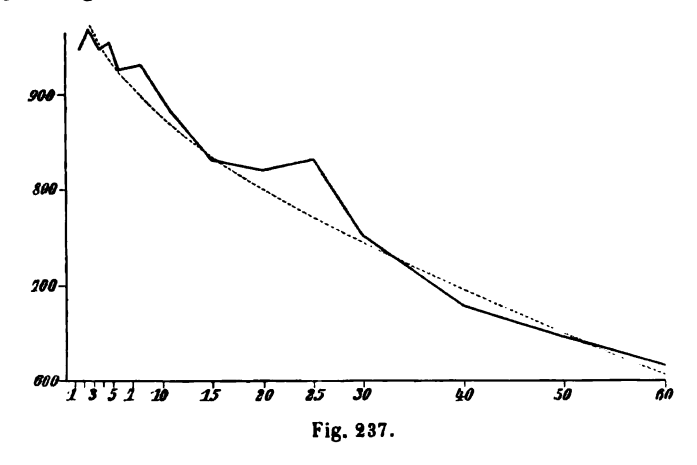


Fig. 237.

und dann langsamer; bei 60^s ist sie bereits so unsicher geworden, dass die Richtigschätzungen nur noch wenig die Zahl der Falschschätzungen überwiegen. Die Fig. 237 stellt diesen Verlauf nach den Versuchen eines der betheiligten Beobachter (*L.*) dar: die Abscissen entsprechen den Zeiten von 0—60^s, die Ordinaten der Zahl richtiger Fälle, wenn die Gesammtzahl aller Fälle = 1000 gesetzt wird. In diesen allgemeinen Verlauf greifen außerdem aber, wie die Fig. 237 zeigt, regelmäßig Schwankungen doppelter Art ein: erstens kürzere und schneller auf einander folgende, die in der ersten Zeit zu bemerken sind und Zu- und Abnahmen der Gedächtnissschärfe erkennen lassen, welche mehrmals in Perioden von etwa 2^s auf einander folgen; und zweitens länger dauernde, die in einem späteren Stadium des Verlaufs, meist 10—20^s nach dem Normaleindruck, eintreten

und zuweilen noch einmal nach einer gleichen Periode sich zu wiederholen scheinen: sie entsprechen einem etwa 10ˢ lang anhaltenden Zunehmen der Gedächtnissschärfe. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass diese bei allen Beobachtern im wesentlichen in gleicher Art wiederkehrenden Erscheinungen mit den früher (S. 295) besprochenen Schwankungen der Aufmerksamkeit im Zusammenhang stehen. Auch kann man bei der Ausführung derartiger Beobachtungen leicht subjectiv wahrnehmen, dass unwillkürlich nach kurzer Zeit die auf den neuen Eindruck gerichtete Spannung erlahmt, dann wiederkehrt, um nach kurzer Zeit abermals zu sinken, u. s. w. Fällt nun der Vergleichston in die Periode der wachsenden Spannung der Aufmerksamkeit, so wird sich dies in einer schärferen Auffassung, fällt er in eine Periode der sinkenden Spannung, so wird es sich in einer ungenaueren Auffassung der Tonhöhe verrathen.

Die allgemeine Gesetzmäßigkeit in dem hier geschilderten Verlauf, wie sie, abgesehen von den erwähnten periodischen und nicht-periodischen Schwankungen, durch die punktirt gezogene Linie der Fig. 237 dargestellt wird, lässt sich nun auch bei verwickelteren Gedächtnissleistungen und für größere Zeiträume feststellen. So fand Ebbinghaus, als er verschiedene Reihen von Worten erlernte, um sie, nachdem sie theilweise oder ganz vergessen worden waren, nach verschiedenen Zeitzwischenräumen wieder zu lernen, folgende Werthe v für das aus dem Gedächtniss Entschwundene. Die Zwischenzeit t ist in Stunden, der Werth v dagegen in der Differenz zwischen der zum ersten Lernen und der zum zweiten Lernen erforderlichen Zeit ausgedrückt:

t	0,33	1,0	8,8	24	48	144	744
v	41,8	55,8	64,2	66,3	72,2	74,6	78,9

Auch hier bemerkt man anfangs einen raschen, später nur noch einen sehr langsamen Abfall. Während im Verlauf der ersten Stunde schon über die Hälfte des Eingeprägten erloschen ist, erfolgt in dem Zeitraume zwischen dem 2. und dem 31. Tage nur noch eine sehr geringe Veränderung[1]).

Begünstigt wird, wie schon die alltägliche Erfahrung lehrt, die treue Erneuerung der Vorstellungen durch **häufige Wiederholung der gleichen Eindrücke**. Entsprechend dieser Erfahrung fand Ebbinghaus, dass, wenn man sich an auf einander folgenden Tagen die nämlichen Reihen von Wortvorstellungen immer von neuem einprägt, die relative Ersparniss an Wiederholungen mit der Länge der Reihen beträchtlich zunimmt, während derselbe Umstand bekanntlich die erste Einprägung in rasch steigendem Maße erschwert. Die häufige Wiederholung, welche

1) Ebbinghaus, Ueber das Gedächtniss. Leipzig 1885, S. 62, 85 ff.

längere Reihen zu ihrem ersten Festhalten erfordern, befestigt sie also zugleich länger im Gedächtniss. Wiederum nimmt hier die Zahl der erforderlichen Wiederholungen zuerst schneller und dann immer langsamer ab. Zugleich wirken die Wiederholungen günstiger, wenn sie durch längere, als wenn sie durch relativ kurze Zwischenpausen getrennt sind[1]).

Ebbinghaus formulirte auf Grund seiner Versuche den Einfluss der Zeit auf die Reproduction dahin, dass sich die Quotienten aus Behaltenem und Vergessenem umgekehrt verhielten wie die Logarithmen der Zeit. Zu einem ähnlichen Resultate kam H. K. Wolfe bei den Beobachtungen über das Tongedächtniss. Für die Beziehung der richtigen Fälle r und der falschen f der Schätzung lässt sich nämlich in ihrer Abhängigkeit von der Zeit t die Formel aufstellen:

$$r = \frac{kf}{\log t} + cf ,$$

worin k und c Constanten bedeuten, die für jeden Beobachter aus den Versuchen zu bestimmen sind. Die folgende Tabelle lässt für die umfassendsten Versuchsreihen der Beobachter Lehmann und Wolfe die Uebereinstimmung zwischen der Formel und der Beobachtung erkennen.

Zeit in Sec.		1	2	3	4	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60
W.	Versuch	946	966	946	953	926	928	879	832	818	832	751	680	643	616
	Berechnung		971	952	987	923	900	872	883	802	774	745	695	650	608
L.	Versuch	927	924	888	878	858	841	816	824	778	752	737	741	709	642
	Berechnung		935	901	878	863	839	815	789	772	759	749	734	720	742

Die berechneten Zahlen entsprechen der punktirten Curve in Fig. 237, also dem idealen Verlauf, wie er sich abgesehen von den regelmäßigen Schwankungen der Aufmerksamkeit gestalten würde. Mit der Tonhöhe änderte sich in Wolfe's Versuchen innerhalb der früher (I, S. 455) bemerkten Grenzen, in denen die absolute Unterschiedsempfindlichkeit constant bleibt, die Erinnerungsfähigkeit nicht; sie wurde dagegen bei den tiefsten und höchsten Tönen, entsprechend der hier stattfindenden Abnahme der Unterscheidungsfähigkeit, ebenfalls stumpfer[2]).

Die Verhältnisse der verwickelteren Gedächtnissfunctionen wurden übrigens von Ebbinghaus noch nach verschiedenen andern Richtungen quantitativ zu bestimmen gesucht. So stellte derselbe an sinnlosen Silbenverbindungen fest, dass mit der Silbenzahl die zur Einprägung erforderliche Wiederholungszahl in folgender Progression stieg:

Silbenzahl:	7	16	24	26
Wiederholungszahl:	1	30	44	55

Wortverbindungen, die einen logischen Sinn enthalten, bedürfen nur etwa $^1/_{10}$ der zur Einprägung sinnloser Combinationen von derselben Länge erforderlichen

1) Ebbinghaus a. a. O. S. 70, 110 ff.
2) Wolfe a. a. O. S. 560.

Zeit. Auch die Wiederholung steigert zuerst sehr erheblich, dann, wenn sie öfter geschieht, nur noch wenig das Festhalten der Vorstellungen. Endlich ergab sich, dass die Einprägung nicht nur zwischen den unmittelbar benachbarten, sondern auch zwischen den entfernteren Vorstellungen Verbindungen, wenn auch von loserer Beschaffenheit, herstellt. Diese entfernteren Verbindungen werden aber durch öftere Wiederholung relativ weniger in ihrer Festigkeit verstärkt als die zunächst liegenden. Aehnlich verhält es sich mit der Verbindung in rückläufiger Richtung[1]).

Die hier besprochenen Gedächtnissversuche reihen sich einer allgemeinen Classe psychologischer Beobachtungen an, deren Methode im wesentlichen in einer Statistik theils der Größe theils der Dauer complexer psychischer Leistungen besteht. Abgesehen von den Gedächtnissleistungen können als solche complexe Leistungen, die ein Maß der Leistungsfähigkeit nach gewissen Richtungen hin abgeben, angewandt werden: Lesen, Buchstabiren, Zählen, Addiren u. dergl. Dabei stellt man entweder die Aufgabe, dass diese Leistungen mit maximaler Geschwindigkeit vollbracht werden, oder man sucht normale Mittelwerthe zu gewinnen. Angeregt wurden solche Versuche hauptsächlich von GALTON[2]), weitergeführt, außer von EBBINGHAUS, von CATTELL[3]), BERGER[4]) und von KRAEPELIN und seinen Schülern[5]). Natürlich lassen sich aus derartigen statistischen Durchschnittszahlen im allgemeinen nur Annäherungswerthe für bestimmte complexe Functionen gewinnen, die überdies wegen mancher dabei stattfindender Hülfsvorgänge von variabler Beschaffenheit, wie der Articulationsbewegungen beim Lesen, nicht dazu dienen können die absolute Zeitdauer der in eine solche Function eingehenden elementareren Processe zu bestimmen; daher man auch nicht daran denken kann, auf diesem Wege etwa die oben behandelten exacteren Methoden zur Messung der einzelnen Vorgänge zu ersetzen. Dagegen kann eine solche Statistik, wie namentlich KRAEPELIN gezeigt hat, in doppelter Weise eine wünschenswerthe Ergänzung der genaueren chronometrischen Messungen sein: Erstens kann sie der Fixirung gewisser individueller Unterschiede dienen; dies namentlich auch in solchen Fällen, wo, wie z. B. bei Geisteskranken, Ungebildeten und Ungeübten, eine zuverlässige Anwendung der chronometrischen Methoden nicht wohl möglich ist. Zweitens kann das Verfahren als Hülfsmittel für die psychologische Analyse der auf dem gewöhnlichen chronometrischen Wege gewonnenen Ergebnisse dienen, dies namentlich in solchen Fällen, wo die Reactionszeit bestimmte Veränderungen zeigt, und dann aus den statistischen Ergebnissen mit einiger Wahrscheinlichkeit zurückgeschlossen werden kann, welche der in den Reactionsvorgang eingehenden elementareren Vorgänge die Veränderung hervorbringen[6]).

---

1) A. a. O. S. 123 ff.

2) GALTON, Brain 1879, p. 149 ff. Inquiries into human faculty and its development. London 1883.

3) CATTELL, Phil. Stud. II, S. 635 ff. 4) O. E. BERGER, ebend. S. 170 ff.

5) A. OEHRN, Experimentelle Studien zur Individualpsychologie. Diss. Dorpat [illegible]. E. KRAEPELIN, Ueber die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge etc. Jena [illegible] S. 2 ff.

6) Ueber die Verwerthung der statistischen Methode zu Zwecken der Individualpsychologie vergl. bes. OEHRN, a. a. O. Ueber ihre Verwerthung zur Analyse der einfachen Reactionszeit bei toxischen Veränderungen derselben siehe oben S. [illegible] ff.

Siebzehntes Capitel.

Verbindungen der Vorstellungen.

1. Simultane Associationen.

Alle diejenigen Verbindungen der Empfindungen oder zusammengesetzten Vorstellungen, welche in dem Bewusstsein ohne Betheiligung der activen Apperception sich vollziehen, wollen wir als associative Verbindungen bezeichnen und von ihnen diejenigen, bei denen die active Apperception in dem früher (S. 267 ff.) festgestellten Sinne wirksam ist, als apperceptive Verbindungen unterscheiden[1]). Auch die Associationen können nur vermittelst der Apperception zu unserer inneren Wahrnehmung gelangen; aber jene verhält sich dabei passiv, sie wird eindeutig bestimmt durch die in das Bewusstsein gleichzeitig oder successiv eintretenden Vorstellungen. Um die Erscheinungen der Association, namentlich der successiven, zu beobachten, ist es darum erforderlich, die Willensthätigkeit möglichst zu unterdrücken und sich passiv dem Spiel der aufsteigenden Vorstellungen hinzugeben. Die simultane Association entzieht sich dagegen unserer unmittelbaren psychologischen Beobachtung, wir können meist nur aus den vollendeten Wirkungen auf sie zurückschließen; bei ihr liegt jedoch gerade in dem Umstande, dass ihre Verbindungen dem Bewusstsein anscheinend fertig überliefert werden, der Beweis der Unabhängigkeit von der activen Apperception. Die hauptsächlichsten Fälle solcher simultanen Associationen sind schon im vorigen Abschnitte besprochen worden, und es ist daher jetzt nur noch unsere Aufgabe, sie mit Rücksicht auf die Eigenschaften des Bewusstseins zu beleuchten, die bei ihnen zur Geltung kommen.

Die fundamentalste Form simultaner Association ist die associative Verschmelzung der Empfindungen. Da einfache Empfindungen in unserm Bewusstsein nicht vorkommen, so ist jede wirkliche Vorstellung ein Verschmelzungsproduct von Empfindungen. Wir können zwei Unterformen dieser Verschmelzung unterscheiden: die intensive, bei welcher nur gleichartige Empfindungen sich verbinden, und die extensive, welche aus der Vereinigung ungleichartiger Empfindungen hervorgeht. Die

1) Ueber diese Classification vgl. den ersten Band meiner Logik, 2. Aufl. I, S. 10 ff.

erstere ist vorzugsweise bei den Gehörsvorstellungen, die letztere bei den Gesichts- und Tastvorstellungen wirksam. Allen diesen Verschmelzungen ist die eine Eigenschaft gemein, dass in dem Complex der mit einander vereinigten Empfindungen eine einzige, und zwar im allgemeinen die stärkste, die Herrschaft über alle andern gewinnt, so dass diese nur noch die Rolle modificirender Elemente übernehmen, deren selbständige Eigenschaften in dem Verschmelzungsproduct untergehen. So empfinden wir die Obertöne eines Klangs nicht als selbständige Töne, sondern es resultirt aus ihnen lediglich jene den stärkeren Grundton begleitende Eigenschaft, welche wir die Klangfarbe nennen. So kommen uns ferner die Localzeichen der Netzhaut und die Bewegungsempfindungen des Auges nicht als solche zum Bewusstsein, sondern sie verleihen nur der Lichtempfindung, dem Bestandtheil der Netzhautempfindung, welcher mit dem objectiven Reize veränderlich ist, diejenige Eigenschaft, vermöge deren wir die Empfindung auf einen bestimmten Ort im Raume beziehen. Dieser Verlust der Selbständigkeit, welcher alle Elemente eines Verschmelzungsproductes mit Ausnahme des herrschenden trifft, kann nicht ausschließlich in der geringen Stärke jener Elemente seinen Grund haben. Der nämliche Partialton, der in der Klangfärbung verschwindet, erträgt für sich allein appercipirt noch eine erhebliche Abschwächung, ohne uns zu entgehen. Aehnlich lassen sich, wie wir sahen, die zurücktretenden Bestandtheile einer extensiven Vorstellung durch eigens darauf gerichtete Versuche zumeist auch in der Empfindung nachweisen[1]).

Man hat dieses Zurücktreten gewisser Empfindungsbestandtheile in der zusammengesetzten Vorstellung aus Zweckmäßigkeitsgründen zu erklären gesucht. Wir seien gewohnt, nur diejenigen Empfindungen zu beachten, welche zu unserer objectiven Erkenntniss der Dinge etwas beitragen, und die hierzu dienlichen Elemente sollen wir wieder nur mit Rücksicht auf diesen Zweck uns zum Bewusstsein bringen[2]). Demnach sollen wir z. B. die Obertöne eines Klangs nur insoweit auffassen, als sie uns die Klangfärbung eines bestimmten Instrumentes andeuten, oder die Localzeichen und Bewegungsempfindungen des Auges, insofern sie uns zur Orientirung im Raum verhelfen. Dass diese Ansicht sich in unlösbare Widersprüche verwickelt, ist schon von G. E. Müller bemerkt worden[3]. Nach ihr müsste Derjenige, der keinerlei Kenntniss musikalischer Instrumente besitzt, statt der einheitlichen Klangfärbung wirklich die Summe

1) Vgl. Cap. XI—XIII.

2) Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, 2. Aufl., S. 102 ff. In der 4. Aufl. (S. 106 ff.) hat übrigens Helmholtz diese Stelle unterdrückt und sich damit begnügt Erfahrung und Uebung als die für die Analyse der Wahrnehmungen maßgebenden Factoren hervorzuheben.

3) G. E. Müller, Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit, S. 24 ff.

der Obertöne vernehmen, und ebenso müssten die Localzeichen und Bewegungsempfindungen vor der vollkommeneren Ausbildung der Sinneswahrnehmung deutlicher gewesen sein als später. Nun vervollkommnen sich aber unsere Wahrnehmungen gerade dadurch, dass wir die sämmtlichen Elemente derselben schärfer auffassen. Wer z. B. in der Unterscheidung der Obertöne geübt ist, erkennt weit leichter ein Instrument an seiner Klangfärbung als der Ungeübte. Der wahre Grund für das Zurücktreten gewisser Elemente eines Verschmelzungsproductes kann daher nicht in solchen teleologischen Motiven, sondern nur in den ursprünglichen Eigenschaften des Bewusstseins selber liegen. In der That ist nun ein zureichender Grund jener Thatsache in der Eigenschaft der Apperception gegeben, sich auf einen bestimmten eng begrenzten Inhalt des Bewusstseins zu beschränken, der dann als eine einzelne Vorstellung von mehr oder minder complexer Beschaffenheit aufgefasst wird. Wo hierzu noch von Seiten der äußeren Eindrücke die Bedingung hinzukommt, dass ein einzelner unter ihnen mit constant vorwaltender Stärke gegeben ist, da wird daher auch mit zwingender Gewalt dieser sich als der herrschende Bestandtheil des Verschmelzungsproductes ergeben. Die Verschmelzung selbst wird aber um so unlösbarer werden, je regelmäßiger die Eindrücke verbunden sind: darum kann ein Klang leichter noch in seine Elemente zerlegt werden als eine extensive Gesichtsvorstellung; denn während im ersten Fall der Wechsel der Klangfärbung immerhin eine Veränderung der schwachen Elemente möglich macht, die in gewissen Fällen ihrem völligen Verschwinden nahe kommt, ist es unmöglich, dass jemals eine Lichtempfindung ohne Localzeichen und ohne Bewegungsantriebe des Auges oder Bewegungsempfindungen existire.

Als eine zweite Form simultaner Association unterscheiden wir die Assimilation der Vorstellungen. Sie findet dann statt, wenn durch eine neu in das Bewusstsein eintretende Vorstellung frühere Vorstellungselemente erneuert werden, so dass sie sich mit jener zu einer einzigen simultanen Vorstellung verbinden. Der associativen Verschmelzung ist dieser Vorgang insofern verwandt, als auch bei ihm die in die Verbindung eingehenden Bestandtheile nicht als gesonderte unterschieden werden. Die Eigenthümlichkeit der Assimilation liegt aber darin, dass bei ihr die Elemente, die sich verbinden, einer Mehrheit ursprünglich selbständiger Vorstellungen angehören. Am augenfälligsten tritt diese Bildungsweise dann hervor, wenn die assimilirenden Elemente durch Reproduction, die assimilirten durch einen unmittelbaren Sinneseindruck entstehen. Es werden dann die Elemente von Erinnerungsbildern gewissermaßen in das äußere Object hineinverlegt, so dass, namentlich wenn das Object und die

reproducirten Elemente erheblich von einander verschieden sind, die vollzogene Sinneswahrnehmung als eine Illusion erscheint, die uns über die wirkliche Beschaffenheit der Dinge täuscht. So erscheinen uns die rohen Pinselstriche einer Theaterdecoration, die in den oberflächlichsten Umrissen das Bild einer Landschaft andeuten, aus der Ferne und bei Lampenlicht gesehen in der vollen Naturtreue der wirklichen Landschaft. Wir übersehen beim Lesen die meisten Druckfehler eines Buches, und manche entgehen sogar dem aufmerksamen Corrector. Der Hörer eines Vortrags ergänzt die mangelhaft gehörten Laute und bemerkt diese Hülfe, die ihm die Association gewährt, in der Regel erst, wenn ihm ein Missverständniss begegnet. Auf diese Weise sind alle unsere Anschauungsvorstellungen innig verwebt mit Reproductionen. Der unmittelbare Eindruck liefert fast immer nur ein ungefähres Schema der Gegenstände, das wir dann mit unsern Erinnerungselementen ausfüllen. In den so entstandenen Assimilationsproducten sind aber stets zugleich einzelne Elemente aus den sich verbindenden Vorstellungen eliminirt worden: zahlreiche Bestandtheile der Erinnerungsbilder werden durch den Sinneseindruck, und gewisse Bestandtheile des letzteren werden durch die Erinnerungselemente ausgelöscht. Die entstehende Vorstellung ist daher keiner ihrer Componenten gleich, aber sie ist jeder ähnlich. Hierdurch wird es möglich, dass in der Regel viele Componenten an dem Assimilationsproduct betheiligt sind, und dass daher nur in den einfachsten Fällen die Veränderungen, welche ein Sinneseindruck durch den Assimilationsprocess erfährt, auf bestimmte Erinnerungsbilder zurückgeführt werden kann.

Unter den Processen, die unsere Sinneswahrnehmung zusammensetzen, gehört die große Mehrzahl derjenigen, die nicht auf der associativen Verschmelzung beruhen, dem Gebiet der Assimilation an: so sind z. B. die Vorstellungen über Entfernung und wirkliche Größe der Objecte, die Einflüsse der Perspective und Luftperspective auf sie zurückzuführen[1]). Der auf S. 200 erwähnte Vorstellungswechsel beim Anblick einer Conturenzeichnung, die eine doppelte Deutung zulässt, zeigt, wie unter Umständen die assimilirenden Elemente wechseln und damit auch einen Wechsel in der Auffassung der Objecte herbeiführen können[2]). Doch beschränkt sich der Process der Assimilation keineswegs auf diese Ergänzung der sinnlichen Wahrnehmung durch ältere Vorstellungsresiduen, sondern wir müssen nothwendig annehmen, dass nicht minder die Erinnerungsvorstellungen selbst ähnliche Wirkungen auf einander ausüben. Freilich entziehen sich dieselben jener unmittelbaren Nachweisung, wie sie bei der normalen und

1) Vgl. Cap. XIII, S. 203 ff.
2) Ueber die dem Gebiet der Sprache angehörenden Assimilationserscheinungen vgl. meine Logik, 2. Aufl. I, S. 16 ff.

der phantastischen Illusion deshalb möglich ist, weil hier die eine Reihe der Componenten, die äußeren Sinnesempfindungen, einer wiederholten Prüfung durch Erneuerung der nämlichen Sinneseindrücke zugänglich sind. Indirect lässt sich aber doch aus der großen Veränderlichkeit der Erinnerungsbilder einigermaßen auf die Wichtigkeit des nämlichen Processes auch im Gebiet der reinen Reproduction zurückschließen. Würden immer nur bestimmte Einzelvorstellungen erneuert, so würde allenfalls begreiflich sein, dass in dem Erinnerungsbild gewisse Bestandtheile einer älteren Erinnerung fehlen, es wäre aber undenkbar, dass die Bestandtheile einer Vorstellung mannigfach qualitativ wechseln können, wie es thatsächlich der Fall ist. Dies wird auch hier offenbar nur dadurch möglich, dass mit einem gegebenen Erinnerungsbild andere in assimilirende Wechselwirkung treten. In diesem verändernden Einfluss auf die Einzelvorstellungen ist die Assimilation gerade diejenige Form simultaner Association, die fortwährend die successive Association begleitet und mit ihr eine wichtige Grundlage der Phantasiethätigkeit bildet. Insbesondere aber hat jener Einfluss die nothwendige Folge, dass im allgemeinen keine der in unser Bewusstsein eintretenden Vorstellungen irgend einer andern früher dagewesenen vollständig gleicht. Sie kann ihr mehr oder weniger ähnlich sein, aber bei der ungeheuren Verwickelung der zwischen den Elementen der Vorstellungen sich abspielenden Assimilationsprocesse wird eine Identität je zweier Vorstellungen im allgemeinen ebenso wenig vorkommen können, wie wir etwa erwarten dürfen, dass es zwei physisch und geistig einander vollkommen gleiche Menschen gibt. Auch der Ausdruck Reproduction einer Vorstellung muss daher in diesem Sinne verstanden werden: er bezeichnet nicht, wie man gewöhnlich im Anschlusse an die unmittelbare Wortbedeutung annimmt, die Erneuerung einer früher schon einmal dagewesenen Vorstellung, sondern die Entstehung einer Vorstellung, die vermöge bestimmter Assimilationsverbindungen als ein directer Hinweis auf eine früher dagewesene Vorstellung betrachtet wird. Meist drängt sich dabei schon der gewöhnlichen Selbstbeobachtung die wesentliche Verschiedenheit beider auf: Niemand wird z. B. die Erinnerung an einen Gegenstand für dasselbe halten wie den ursprünglichen Eindruck des Gegenstandes, oder auch nur der Meinung sein, die in verschiedenen Momenten entstandenen Erinnerungsbilder eines und desselben Objectes seien einander gleich.

Je nach den besonderen Bedingungen, unter denen der Assimilationsvorgang stattfindet, kann nun der Umfang disponibler Vorstellungen, aus denen irgend welche Elemente in das Assimilationsproduct übergehen, sehr bedeutend variiren. Indem hierbei zugleich, je nach der größeren oder geringeren Leichtigkeit, mit der sich die Verbindungen vollziehen, die

Geschwindigkeit des Associationsprocesses zwischen einer unteren Grenze, wo sie unserer Beobachtung ganz entgeht, und einer oberen, wo wir sie deutlich auffassen oder sogar noch eine Zwischenzeit zwischen dem Eindruck und seiner Assimilation wahrnehmen, mannigfach wechseln kann, entstehen eigenthümliche Uebergangsformen zwischen der simultanen und der successiven Association. Legen wir wieder die allein einer genaueren Untersuchung zugänglichen Assimilationen äußerer Eindrücke zu Grunde, so werden hier die bei der Analyse der zusammengesetzten Reactionen einander gegenübergestellten Fälle der Unterscheidung und der Erkennung als die Gegensätze eines möglichst beschränkten und eines unbegrenzt ausgedehnten Assimilationsprocesses anzusehen sein.

Bei der Unterscheidung eines erwarteten Eindrucks ist die Bewusstseinslage eine solche, dass von vornherein nur eine kleine Anzahl vorher ebenfalls als Eindrücke gegebener Vorstellungen disponibel gehalten wird. Diese Vorstellungen bleiben zwar, wie die Selbstbeobachtung lehrt, in der zwischen den ursprünglichen Eindrücken und ihrer Wiedererneuerung gelegenen Zeit nicht im Bewusstsein, oder es tritt doch nur zufällig und gelegentlich eine einzelne in diesem hervor aber die Bedingungen sind solche, dass sich offenbar die Vorstellungen, zwischen denen unterschieden werden soll, in einem äußerst labilen Gleichgewichte befinden, so dass jede von ihnen außerordentlich leicht wiedererweckt werden kann. Letzteres tritt nun ein, sobald ein neuer Eindruck kommt, der irgend einer dieser labilen Vorstellungen gleicht. Mit der Assimilation dieses neuen Eindrucks ist der Act der Unterscheidung desselben von den andern neben ihm zu erwartenden vollzogen. Vermöge der eigenthümlichen Bedingungen dieses Vorgangs wird man wohl voraussetzen dürfen, dass in diesem Fall im allgemeinen nur eine assimilirende Vorstellung, und diese möglichst vollständig, also, falls sie zusammengesetzt ist, mit der Mehrzahl ihrer Elemente wirksam ist. Die Verbindung des assimilirten Eindrucks mit der assimilirenden Vorstellung erscheint aber als eine ebenso unmittelbare wie bei allen Assimilationen. Man wird sich daher überhaupt nur des neuen Eindrucks als eines gegebenen Vorstellungsinhaltes bewusst, und wegen der objectiven Identität desselben mit der früheren Vorstellung fehlt sogar die Möglichkeit, die stattfindende Assimilation direct nachzuweisen. Gleichwohl verräth sie sich hier durch ein bestimmtes Symptom, das aber nicht der Vorstellungs-, sondern der Gefühlsseite des Processes angehört: mit dem Act der Unterscheidung verbindet sich ein Wiedererkennungsgefühl[1]). Ueber die Qualität dieses Gefühls kann

1) Höffding (Vierteljahrsschr. f. wiss. Phil. XIII, S. 427, Psychologie, 2. Aufl. S. 161,

man sich am besten durch sein Verhältniss zu demjenigen Gefühl Rechenschaft geben, das entsteht, wenn der Act der vorzunehmenden Unterscheidung nicht zu Stande kommt, dadurch dass irgend ein fremder, außerhalb der Reihe vorher gegebener Vorstellungen liegender Eindruck einwirkt. Man bemerkt dann, während zugleich meist eine genaue Apperception des Eindrucks gehindert ist, ein Gefühl störender Ueberraschung. Natürlich lassen sich diese, ebenso wie so viele andere Gefühle, nicht schlechthin als Lust oder Unlust definiren; immerhin ist unverkennbar das Wiedererkennungsgefühl den Lust-, das Gefühl des Unerwarteten den Unlustformen einigermaßen verwandt. Sehen wir das Wesen des Gefühls allgemein in der Rückwirkung der Apperception auf einen gegebenen Bewusstseinsinhalt[1]), so bietet das Auftreten dieser das Gelingen oder Misslingen der Unterscheidungsacte begleitenden Gefühle keine Schwierigkeit. Indem jede einzelne aus der Reihe erwarteter Vorstellungen in jedem Moment leicht ausgelöst werden kann, wird zugleich ihre Apperception theils durch die vorbereitende Spannung der Aufmerksamkeit theils durch die schneller eintretende Richtung derselben auf den in das Bewusstsein kommenden Eindruck begünstigt. Für die Bedeutung der vorbereitenden Spannung spricht die Thatsache, dass der Unterscheidungsact erschwert und namentlich auch in Bezug auf seinen Gefühlseffect ungünstig beeinflusst wird, wenn die zu unterscheidenden Eindrücke verschiedenen Sinnesorganen angehören. Da gleichwohl auch im letzteren Fall noch eine Begünstigung der erwarteten gegenüber unerwarteten Eindrücken bleibt, so wird man aber auch der größeren Beweglichkeit der Vorstellungsdispositionen einen gewissen Einfluss zuschreiben müssen. Physiologisch wird man jene Beweglichkeit auf eine, wahrscheinlich durch oft wiederholte schwache Erregungen vermittelte, größere Erregbarkeit bestimmter centraler Elemente in quantitativer wie in qualitativer Richtung beziehen können, so dass ein in den entsprechenden Richtungen stattfindender neuer Reiz rascher ansteigen kann, während umgekehrt ein anders beschaffener Hemmungen zu überwinden hat, die eben durch jene Erregungsdispositionen für alle anderen Einwirkungen gesetzt werden. Für das Urtheil, dass ein aus einer Unter-

nimmt an, dass das unmittelbare Wiedererkennen auf der Hinzufügung einer eigenthümlichen, wahrscheinlich durch die Erleichterung irgend welcher centraler Molecularvorgänge entstehenden Qualität zu den sonstigen Empfindungsbestandtheilen des Eindrucks beruhe. Abgesehen von dem hypothetischen Molecularvorgang, der natürlich zu einer Wiedererkennung des Eindrucks nur verhelfen kann, insofern er irgend einen Bewusstseinsinhalt hervorbringt, weist nun offenbar der Ausdruck »Bekanntheitsqualität« zunächst auf die Aufgabe hin, einen solchen Inhalt zu finden. Es scheint mir aber namentlich auf Grund der bei den Unterscheidungs- und Erkennungsreactionen gemachten Selbstbeobachtungen unzweifelhaft, dass dieser Inhalt nur in der oben geschilderten Weise als ein in seiner Qualität und Intensität von der näheren Beschaffenheit des Vorgangs abhängiges Gefühl bezeichnet werden kann.

1) Vgl. I, Cap. X, S. 587 ff.

scheidungsreihe A, B, C . . . gegebener Eindruck A und nicht B oder C u. s. w. sei, kann nun aber offenbar der Act der Assimilation als Vorstellungsprocess nicht maßgebend sein, da er uns als ein solcher überhaupt nicht zum Bewusstsein kommt; sondern es wird hier zunächst jenes Gefühl des Wiedererkennens zur Geltung kommen, welches den Eindruck als einen zur erwarteten Reihe gehörigen kennzeichnet. Daran kann sich dann aber allerdings weiterhin auch noch ein Vorstellungsvorgang anschließen, indem die Erinnerungsbilder noch anderen Glieder der Unterscheidungsreihe erneuert werden. Doch ist dieser secundäre Vorgang unwesentlich; auch gehört er augenscheinlich nicht mehr in das Gebiet der Assimilation selbst, sondern er besteht in einem sich an sie anschließenden successiven Associationsprocess.

Mit dem hier geschilderten, in seiner reinen Form natürlich nur durch planmäßige Versuchseinrichtungen herzustellenden Unterscheidungsvorgang fallen in allen wesentlichen Beziehungen die gewöhnlichen Wiedererkennungsacte zusammen. Der Unterschied besteht nur darin, dass der vorbereitende Zustand der Erwartung hinwegfallen kann, und dass sich der wiederzuerkennende Eindruck vermöge zufälliger Umstände von andern Gegenständen als einzelne Vorstellung isolirt hat, so dass bei der Erneuerung desselben wieder nur eine Assimilation durch Elemente jener bestimmten Vorstellung stattfindet, die dann von einem entsprechenden Wiedererkennungsgefühl begleitet ist. Wenn man einem bisher unbekannten Menschen zweimal nach einander begegnet, so wird der Wiedererkennungsact demnach eine Assimilation sein, die auf eine vorangegangene Vorstellung beschränkt ist. Wenn uns dagegen ein Bekannter, mit dem wir täglich verkehren, begegnet, so wird sich der Assimilationsprocess schon über eine größere Zahl von früheren Vorstellungen erstrecken, und der Vorgang wird sich hier bereits mehr jenen früher erwähnten Beispielen mit unbestimmter Begrenzung der Reihe nähern, bei denen die Assimilationswirkung von einer größeren Anzahl von Vorstellungselementen ausgeht, die zum Theil verschiedenen, wenn auch durch die Beziehung auf den nämlichen Gegenstand associativ nahe verbundenen Vorstellungen angehören. In diesen Fällen pflegen zugleich die bei der Assimilation wirksamen Elemente in verschiedenem Grade und manchmal auch in einer bestimmten zeitlichen Succession ihren Einfluss geltend zu machen, indem die zunächst wirkenden erst andere in das Bewusstsein rufen, die sich dann ebenfalls an der Assimilation betheiligen. Dabei können endlich die primär wirksamen Elemente verhältnissmäßig nebensächliche oder nur in einzelnen Fällen angetroffene Merkmale des Gegenstandes enthalten. Ist letzteres der Fall, so nennt man die Wiedererkennung eine mittelbare, indem man die den Process primär einleitenden Elemente als die Mittel betrachtet

durch die der eigentliche Wiedererkennungsvorgang zu Stande kommt. Es geht dann immer der simultane deutlich in einen successiven Associationsvorgang über, in welchem der zuerst vorhandene Eindruck, die dann hinzutretende Mittelvorstellung und endlich das Wiedererkennungsgefühl als die Glieder der Associationsreihe auftreten. Uebrigens kann die Geschwindigkeit dieser Associationen eine sehr verschiedene sein, und zuweilen ist sie selbst bei der mittelbaren Wiedererkennung so groß, dass der ganze Vorgang als ein simultaner Act erscheint. Dies ist zugleich der Grund, weshalb wir in einem gegebenen Fall oft nicht mit Sicherheit zu entscheiden vermögen, ob die Wiedererkennung eine unmittelbare oder mittelbare war. Denn es liegt in der Natur der Sache, dass wir auf die letztere nur dann mit Gewissheit zurückschließen können, wenn die mittelbar wirkenden Elemente auch zeitlich den andern vorangehen[1]). Sehr häufig sind übrigens solche mittelbar wirkende Elemente Vorstellungen eines anderen Sinnesgebiets, gehören also zu den unten zu besprechenden Complicationen. Unter ihnen spielt wieder die Wortcomplication bei den Wiedererkennungsvorgängen eine große Rolle. Wir sind um so leichter im Stande, eine Reihe von Unterscheidungsgliedern mit Sicherheit festzuhalten, je mehr wir im Stande sind, die einzelnen Glieder der Reihe mit specifischen Namenbezeichnungen zu verbinden. So fand Lehmann[2]), dass man bei Unterscheidungsversuchen gewöhnlich nur fünf Stufen der farblosen Lichtempfindung im Gedächtnisse festzuhalten vermag, indem man dabei zu jeder Stufe eine der in der Sprache üblichen Bezeichnungen (Weiß, Hellgrau, Grau, Dunkelgrau, Schwarz) associirt. Er konnte aber

---

1) Ueber die Bedeutung, welche der unmittelbaren oder mittelbaren Association für den Wiedererkennungsvorgang zukomme, ist zwischen H. Höffding, welcher das Wiedererkennen als einen ausgeprägten Fall unmittelbarer Association betrachtet, und A. Lehmann, der es durchgängig auf mittelbare Associationen zurückführt, ein interessanter Streit geführt worden. (Vgl. Höffding, Vierteljahrsschr. f. wiss. Phil. XIII, S. 420, XIV, S. 27 ff. und Phil. Stud. VIII, S. 86 ff. Lehmann, Phil. Stud. V, S. 69, VII, S. 169 ff.) Sieht man ab von der in diesem Streit behandelten Frage der sogenannten Berührungs- und der Aehnlichkeitsassociation, auf die wir unten zurückkommen werden, so wird den experimentellen Belegen Lehmann's gegenüber nicht zu bestreiten sein, dass viele sonst als unmittelbare Wiedererkennungen gedeutete Processe als mittelbare zu deuten sind. Anderseits aber scheint es mir, dass in den einfachsten Fällen, von denen oben ausgegangen wurde, in denen der Unterscheidung eines Eindrucks aus einer Reihe bestimmt gegebener, die Wiedererkennung eine unmittelbare sein kann, wenn sie auch keineswegs immer eine solche ist, und dass wohl in der Regel unmittelbare und mittelbare Merkmale zusammenwirken. Dabei ist es dann meist wegen der großen Geschwindigkeit, mit der sich die Association abspielt, unmöglich zu entscheiden, welchen Merkmalen die entscheidende Rolle zukommt. Das von Höffding angenommene Stattfinden einer sogenannten Aehnlichkeitsassociation bei der unmittelbaren Wiedererkennung kann ich freilich nicht zugeben, da diese Form, wie unten gezeigt werden soll, überhaupt nicht aufrecht erhalten werden kann, wenn man den vor allem bei den Assimilationsvorgängen sich aufdrängenden Grundsatz anerkennt, dass es Associationen nur zwischen Vorstellungselementen, nicht aber zwischen den zusammengesetzten Vorstellungen selber gibt. Vgl. hierzu Phil. Stud. VII, S. 329 ff.

2) Lehmann, Phil. Stud. V, S. 135 ff.

diese Anzahl durch Uebung bis auf neun erweitern, als er willkürlich jede Stufe durch eine der Ziffern 1—9 kennzeichnete.

Jene verwickelteren Wiedererkennungsacte, die sich auf einen aus vielen und zum Theil verschiedenartigen Erfahrungen bekannten einzelnen Gegenstand beziehen, führen nun unmittelbar über zu denjenigen Assimilationsvorgängen, die wir im Anschluss an die übliche Bezeichnungsweise Erkennungsacte nennen wollen. Der mehrdeutige Gebrauch des Wortes »Erkennen« in der Sprache darf hier, ebenso wenig wie bei dem Wiedererkennen, dazu verführen, etwa in diesen einfachen Associationsvorgängen logische Processe zu sehen. Ein associativer Erkennungsact findet dann statt, wenn ein gegebener Eindruck zu einer Vorstellungsreihe gehört, die uns in zahlreichen einzelnen Vorstellungen bereits gegeben war, und wenn wir ihn nun in unserer unmittelbaren Auffassung sofort mit dieser Reihe in Verbindung bringen. So erkennen wir den Baum als Baum, den Tisch als Tisch, auch wenn wir das einzelne Exemplar, welches Gegenstand unserer Wahrnehmung ist, niemals zuvor noch gesehen haben. Aber diese Erkennung ist bei geläufigen Gegenständen nicht Resultat einer irgend bemerkbaren Ueberlegung, sondern sie ist mit der Wahrnehmung zugleich gegeben, so dass wir sie als eine simultane oder in einzelnen Fällen, wenn der Assimilationsvorgang eine bemerkbare Zeit braucht, als eine successive Association betrachten müssen. Offenbar kann aber auch hier der Vorgang wieder nur darauf beruhen, dass zahlreiche Elemente jener früheren der nämlichen Reihe angehörenden Vorstellungen dem Eindruck assimilirend entgegenkommen. Dabei ist jedoch die Anzahl dieser assimilirenden Elemente unbestimmt groß, und von einer Zurückführung derselben auf irgend welche einzelne Vorstellungen kann nicht die Rede sein, falls sich nicht etwa mit dem Erkennungs- ein Wiedererkennungsact verbindet. Die einfachsten Formen solcher Erkennungen haben wir, zugleich in Bezug auf die zeitlichen Verhältnisse ihres Vollzugs, bei den Erkennungsreactionen kennen gelernt. In den Vorgängen unserer Wahrnehmung spielen sie in Verbindung mit Wiedererkennungen und mit Erinnerungsvorgängen, und endlich als Vorbereitungen zu den Erkenntnissacten im logischen Sinne, eine überaus wichtige Rolle. Gerade bei den Erkennungsacten ist der oben erwähnte Einfluss zahlreicher Vorstellungsresiduen auf die Gestaltung des unmittelbaren Eindrucks, wie er in extremen Fällen in der Illusion zur Geltung kommt, überall nachweisbar. Auch hier ist es daher nicht etwa der Gedanke an eine Uebereinstimmung des Gegenstandes mit früher wahrgenommenen ähnlichen Gegenständen, der das Wesen des Assimilationsprocesses ausmacht. Ein solcher Gedanke kann sich nachträglich im Gefolge einer zunächst sich anschließenden successiven Association bilden. Aber weder diese Association noch jene

Reflexion gehören an und für sich zu dem Erkennungsact, und bei den einfachsten Formen des letzteren fehlen sie stets. Was dagegen nie fehlt, das ist ein eigenthümliches Gefühl der Uebereinstimmung, das mit dem Wiedererkennungsgefühl verwandt, aber doch, der besonderen Natur seiner Vorstellungsgrundlage gemäß, von ihm verschieden ist. Auch dieses Erkennungsgefühl können wir einigermaßen an seinem Gegensatz messen, an jenem Gefühl der Ueberraschung, welches entsteht, wenn ein ganz ungewohnter Eindruck uns geboten wird. Im allgemeinen ist übrigens das Erkennungsgefühl, abgesehen von seiner abweichenden Qualität, unbestimmter und in der Regel wohl auch minder intensiv als das Wiedererkennungsgefühl. Relativ am stärksten erscheint es dann, wenn es sich gegen sein Contrastgefühl emporarbeitet, wenn wir also etwa einen zuerst nicht erkannten und daher überraschenden Gegenstand nachträglich doch erkennen. Uebrigens gehören diese Fälle zugleich zu denjenigen, in denen die simultane in eine successive Association übergeht. So zeigen die Erkennungs- wie die Wiedererkennungsacte, dass die Grenze zwischen diesen Associationsformen eine vollkommen fließende ist, wie wir denn überhaupt eine einzelne Association nur deshalb als eine simultane auffassen, weil die Succession der Vorgänge eine so rasche ist, dass sie sich unserer Wahrnehmung entzieht. Dass aber in Wirklichkeit immer eine zeitliche Succession stattfindet, ergibt sich aus der nicht unerheblichen Dauer der Unterscheidungs- und Erkennungsacte. (Vgl. oben S. 368 ff.) Dies und die thatsächlich zu beobachtenden Uebergänge zwischen den Assimilationen und den successiven Associationen lassen von vornherein schließen, dass auch die elementaren Processe, auf denen diese Vorgänge beruhen, durchaus übereinstimmender Art sind[1]. Dagegen unterscheiden sich diese Vorgänge durch die völlige Einflusslosigkeit des Willens auf die Art ihres Eintritts auf das bestimmteste von den nachher zu erörternden apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen. Es erscheint daher so unzweckmäßig wie möglich, dass man noch immer vielfach speciell den Assimilationsprocess mit dem Namen der Apperception belegt, indem nach dem Vorgang von Herbart der eine Theil der Componenten als die appercipirenden, und der andere als die appercipirten Vorstellungsmassen bezeichnet werden. Durch diese Unterscheidung wird die Apperception ganz aus ihrer Stelle gerückt, da man sie in schroffem Widerstreit mit aller inneren Erfahrung aus einem Act des Gesammtbewusstseins in ein Attrac-

1) Beachtenswerth ist in dieser Hinsicht auch der Parallelismus mit der successiven Association bei der Ideenflucht der Irren. Im selben Maße wie bei dieser die Associationsreihen die apperceptiven Vorstellungsverbindungen vernichten, pflegen sich die Assimilationen durch das Uebergewicht der reproductiven Elemente zu phantastischen Illusionen zu steigern. Vgl. unten Cap. XIX, 4.

tionsphänomen zwischen einzelnen Vorstellungen umwandelt. In Folge dessen hat der Begriff derselben seinen charakteristischen Inhalt völlig verloren, da er in Wahrheit dem der Association Platz gemacht hat. Eine so wichtige Grundlage aber auch die Associationen und speciell die Assimilationen für die höheren psychischen Entwicklungen bilden, so lassen sich doch nimmermehr diese in jene ohne Rest auflösen.

Die letzte und loseste Form der simultanen Association besteht in den Complicationen der Vorstellungen. So wollen wir mit HERBART die Verbindungen disparater Vorstellungen nennen[1]). Das Dasein einer Complication pflegt sich durch die Reproduction zu verrathen. Wenn nämlich in einem gegebenen Fall einer der Sinneseindrücke, welche die complexe Vorstellung bilden, hinwegbleibt, so wird derselbe trotzdem hinzugefügt, ähnlich wie dies in Bezug auf fehlende Bestandtheile der Einzelvorstellung bei der Assimilation geschieht. Die meisten unserer Vorstellungen sind so in Wirklichkeit Complicationen, da im allgemeinen jedes Ding mehrere disparate Merkmale besitzt. Dabei sind aber allerdings diejenigen Elemente, die nicht direct aus Sinneseindrücken hervorgehen, oft sehr schwach und unbestimmt: so z. B. wenn sich mit dem Gesichtsbild eines Körpers eine undeutliche Vorstellung seiner Härte und Schwere, mit dem Anblick eines musikalischen Instrumentes ein leises Klangbild verbindet, u. s. w. Diese Phantasiebestandtheile werden stärker wenn die unmittelbare Sinneswahrnehmung schon eine Hindeutung auf die Beschaffenheit der übrigen Empfindungen enthält. Auf diese Weise bilden sich namentlich zwischen gewissen Gesichtswahrnehmungen und Tastempfindungen festere Verbände. So erweckt der Anblick einer scharfen Spitze, einer rauhen Oberfläche, eines weichen Sammtstoffs die entsprechenden Tastempfindungen in nicht zu verkennender Deutlichkeit. Aehnlich können sich Gehörseindrücke mit Tast- und Gemeinempfindungen verbinden, wie denn z. B. sägende Geräusche manchen Menschen durch die begleitenden Empfindungen unerträglich sind. In dieser Verbindung der höheren Sinneseindrücke mit Einbildungsempfindungen des Tastsinnes liegt die Ursache der zum Theil sehr heftigen Gefühle, die sich an gewisse an sich durchaus objective Wahrnehmungen und Vorstellungen knüpfen. Die nahe Beziehung der Tastempfindungen zu den sinnlichen Gefühlen macht diese Erscheinung begreiflich. Der Zuschauer einer schmerzhaften Verletzung empfindet thatsächlich selbst den Schmerz, den er einem Andern zufügen sieht, wenn auch nur im abgeschwächten Phantasiebilde. Ja noch mehr, schon die drohend emporgehobene Schusswaffe, der gezückte Dolch

1) HERBART, Psychologie als Wissenschaft. Werke, V, S. 361.

wenn sie nicht einmal gegen uns selbst gerichtet sind, oder wenn wir, wie in dem Theater, wissen, dass die Flinte nicht geladen ist, wecken noch immer ein schwaches Phantasiebild von Verletzungen am eigenen Leibe. In diesen Erscheinungen liegt eine rein sinnliche Quelle unseres Mitgefühls an Schmerz und Gefahr Anderer.

Eine zweite wichtige Ursache complexer Vorstellungen bilden die Verbindungen der Sinneseindrücke mit eigenen Bewegungen. Wie sich an den Einzelvorstellungen des Tast- und Gesichtssinns Bewegungen betheiligen, so sind solche auch bei der Combination verschiedenartiger Sinnesvorstellungen wirksam, und oft fallen beiderlei Bewegungen mit einander zusammen. Dieselben Tastbewegungen der Hände, welche die Localisation der Tasteindrücke vermitteln helfen, ergänzen zugleich das Gesichtsbild eines Gegenstandes zur complexen Vorstellung. Aber auch wo ein objectiver Eindruck gar nicht gegeben ist, kann die Bewegung den nur in der Einbildung vorhandenen Gegenstand gleichsam fingiren, indem Auge und Hand sich demselben zuwenden oder seine Umrisse umschreiben. Dadurch erhält das Phantasiebild wenigstens einen Theil jener sinnlichen Lebendigkeit, die sonst nur der unmittelbaren Wahrnehmung zukommt.

Hierin liegt die große Bedeutung der pantomimischen und mimischen Bewegungen. Mit der Entstehung dieser Ausdrucksbewegungen werden wir uns später (in Cap. XXII) beschäftigen; hier muss ihrer nur als einer wichtigen Hülfe für die Verbindung der Vorstellungen gedacht werden. Die Pantomime und der mimische Gesichtsausdruck sind theils unmittelbare Aeußerungen eines Gefühls oder Affectes, theils Nachbildungen bestimmter Tast- und Gesichtsvorstellungen. So verräth sich der Abscheu vor einem widrigen Gegenstand in Abwehrbewegungen, der Zorn gegen denselben in auf ihn eindringenden Verfolgungsbewegungen. Außerdem können sich lebhafte Vorstellungen unwillkürlich mit solchen Pantomimen verbinden, welche die ungefähren Umrisse des vorgestellten Gegenstandes wiederholen. Alle diese Bewegungen, die übrigens nur beim Naturmenschen in ihrer ursprünglichen Lebendigkeit zu beobachten sind, können sowohl von Anschauungs- wie von Einbildungsvorstellungen ausgehen. In beiden Fällen combinirt sich mit der äußern Vorstellung das Bild der eigenen Bewegung mittelst der an dieselbe geknüpften Bewegungsempfindungen. So stellen sich feste Verbände zwischen bestimmten Vorstellungen und den durch sie erweckten Ausdrucksbewegungen her. Die objective Vorstellung ruft nun die zu ihr gehörige subjective Bewegung und hinwiederum diese die erstere wach. Hierdurch eben wird die Geberde im Verkehr der Menschen zum Ausdrucksmittel der Vorstellungen, und nachdem sie einmal diese Bedeutung erlangt hat, wird dann in Folge dessen wieder die feste Verbindung bestimmter Geberdezeichen mit Vorstellungen begünstigt.

Die Sprache ist nur eine Form der Geberde. Sie entwickelt sich, gleich der Pantomime, theils als affectartige theils als nachahmende Bewegung. Selbst der Taubstumme, der seine eigenen Laute nicht zu hören vermag, begleitet daher seine Stimmungen und sogar einzelne Vorstellungen mit Sprachgeberden [1]). Wenn wir von dieser unarticulirten Sprache der Taubstummen, die von ihnen selbst nur als Bewegung wahrgenommen wird, absehen, so führt jeder Sprachlaut eine doppelte Complication mit sich. Es verbindet sich nämlich die Vorstellung sowohl mit der Bewegungsempfindung der Sprachorgane wie mit dem Schalleindruck [2]). Beide, Bewegungsempfindung und Laut, müssen nothwendig in den Anfängen der Sprachbildung in einer gewissen inneren Affinität stehen zu der Vorstellung. Diese, die zu ihr gehörige Ausdrucksbewegung und der Sprachlaut bilden zusammen eine Complication verwandter Vorstellungen. Nun sind die Vorstellungen, die durch Pantomime oder Sprachlaut ausgedrückt werden, selbst in der Regel schon complexe Vorstellungen, welche Gegenständen mit disparaten Merkmalen entsprechen. Geberde und Sprache knüpfen aber nothwendig an ein solches Merkmal an, für das im Gebiet der Bewegungs- und Schallempfindungen ein verwandter Eindruck gefunden werden kann. Für die Sprache liegt diese Verbindung sehr nahe, wenn das Hauptmerkmal des Gegenstands selbst dem Gehörssinn angehört: der Schalleindruck wird, wie in allen Sprachen nachweisbar ist, durch einen Sprachlaut bezeichnet, der ihm ähnlich ist [3]). In diesem Fall bilden aber der Laut und die ihm entsprechende Vorstellung nicht mehr eine Verbindung disparater sondern gleichartiger und möglichst übereinstimmender Vorstellungen. Eine solche Verbindung steht auf der Grenze zwischen Complication und Assimilation. Denn die Schallvorstellung und der ihr nachgebildete Sprachlaut sind einander so ähnlich, dass der letztere fast wie eine Wiederholung der ursprünglichen Vorstellung erscheint. Identische Vorstellungen können aber nur zu einer einzigen Vorstellung verschmelzen. Dennoch behält auch in diesem Fall die Verbindung insofern immer den Charakter der Complication, als der Sprachlaut zugleich die eigene Bewegung als einen besonderen Bestandtheil enthält. Entfernter ist

---

1) Von der auf S. 18 Anm. 1 erwähnten Laura Bridgman wird berichtet, dass sie nicht nur für ihre Affecte, sondern auch für bestimmte Vorstellungen, wie für Essen und Trinken, für ihre nächsten Bekannten, bestimmte Laute besaß.

2) Auf die Innigkeit dieser Complicationen hat in neuerer Zeit auch STRICKER hingewiesen. (Studien über die Sprachvorstellungen. Wien 1888.) Er scheint freilich zu glauben, dass sie vor ihm nicht beachtet worden seien. Zudem hebt der von ihm aufgestellte Satz »die Wortvorstellungen sind motorische Vorstellungen« (S. 33) nur den einen Bestandtheil der Complication hervor; in Wahrheit sind die Wortvorstellungen immer gleichzeitig akustische und motorische Vorstellungen, wobei dann, wie in jeder Complication, bald der eine bald der andere Bestandtheil der überwiegende sein kann.

3) Man denke an Wörter, wie schnurren, zischen, brausen, rasseln u. s. w.

die Verwandtschaft des Sprachlauts und der Vorstellung, wenn diese aus andern Sinneseindrücken stammt. Hier spielen dann zweifellos die in Cap. X besprochenen Analogien der Empfindung eine wichtige Rolle[1]). Sie machen die Uebersetzung der verschiedenartigsten Sinneseindrücke in die eine Form der Gehörsempfindungen möglich. Der Ursprung jener Analogien aus dem sinnlichen Gefühl erklärt einerseits die Unbestimmtheit der Verwandtschaft zwischen Sprachlaut und Vorstellung, anderseits den nahen Zusammenhang der Sprachbildung mit Gefühl und Affect. In den ausgebildeten Sprachen ist diese Beziehung allmählich abgeblasst, wenn auch in Wörtern wie »hart, mild, süß, sanft« u. s. w. immerhin noch eine Spur derselben erhalten scheint[2]). Zumeist ist aber die ursprüngliche Bedeutung der Sprachwurzeln durch die Umwandlung derselben in conventionelle Vorstellungssymbole verloren gegangen. Indem bei der Umbildung der Sprache vorzugsweise die Anpassung der Sprachorgane an die zunehmende Geschwindigkeit der Rede zur Geltung kommt, und indem bei der Uebertragung der Sprachsymbole auf neue Vorstellungen Associationen eine Rolle spielen, die in den besonderen historischen Erlebnissen der Völker ihren Grund haben, muss immer mehr die sinnliche Bedeutung der Laute verwischt werden. Dieser Process, durch den die Sprache gewiss unendlich viel von ihrer einstigen Lebendigkeit einbüßte, ist für ihre Befähigung Ausdrucksmittel abstracter Begriffe zu sein von großer Wichtigkeit geworden; denn dazu ist es gerade erforderlich, dass der Sprachlaut seine ursprüngliche, noch durchaus an die sinnliche Vorstellung gekettete Bedeutung verliere. Ein ähnlicher Process hat sich bei der Entwicklung der Schrift vollzogen. Das natürlichste Hülfsmittel, um den Gegenstand durch ein lautloses Symbol zu bezeichnen, ist die Nachbildung seiner Form: wie die darstellende Pantomime die Umrisse des Gegenstandes in der Luft nachzeichnet, so fixirt ihn die Schrift im Bilde. Der natürliche und allgemeine Ausgangspunkt der Schrift ist daher die Bilderschrift[3]). Sobald aber die Sprache die Stufe des abstracten Gedankens erreicht hat, zwingt sie auch die Schrift ihr zu folgen. Das Schriftbild wird zum conventionellen Lautzeichen. Dieses, anfangs noch das einzelne Wort bedeutend, zieht sich endlich, um dem Reichthum des sprachlichen Ausdrucks folgen zu können,

1) Vgl. I, S. 578 ff.

2) Wenn L. Geiger sagt, die Sprache sei nicht Nachahmung des Schalls, sondern durch den Schall, wobei er auf die herrschende Bedeutung der Gesichtsvorstellungen auch für den sprachlichen Ausdruck hinweist (Ursprung und Entwicklung der menschlichen Sprache und Vernunft. Stuttgart 1868, I, S. 22 f.), und wenn Lazarus (Leben der Seele, II, S. 101) von einem metaphorischen Gebrauch der Lautformen redet, so ist damit offenbar der nämliche Vorgang gemeint, den wir hier psychologisch auf die Analogien der Empfindung zurückführen.

3) Nachweise hierzu vgl. bei E. B. Tylor, Forschungen zur Urgeschichte der Menschheit. Aus d. Engl. von Müller, Cap. V, S. 105 ff.

zurück auf die alphabetischen Elemente der Sprachlaute. Obgleich bekanntlich jedes einzelne unserer Schriftzeichen, wie sich historisch nachweisen lässt, noch die Spuren seines Ursprungs aus der Bilderschrift an sich trägt, so ist uns doch hier mehr noch als beim Sprachlaut jene sinnliche Bedeutung verloren gegangen, da die Umwandlung der Schrift in ein System von Zeichen offenbar zum großen Theil das Product wirklich zweckmäßiger Absicht und Uebereinkunft gewesen ist. Sprachlaut und Schriftzeichen sind durch ihre im ganzen analoge Entwicklung zu Vorstellungssymbolen geworden, die nur noch vermöge der gewohnheitsmäßigen Verbindung mit dem Gegenstand, den sie bedeuten, in eine complexe Vorstellung zusammenfließen. Diese Verbindung bleibt aber darum doch eine ausnehmend innige. Wir denken zwar nicht immer in Sprachlauten, wir können uns wirklich erlebte oder geträumte Vorgänge leicht in der Form des bloßen Gesichtsbildes vergegenwärtigen; aber unser Denken greift regelmäßig zum Wort, sobald es sich abstracten Begriffen zuwendet, ja in diesem Fall gesellt sich zum Wort nicht selten unwillkürlich das Schriftzeichen. Ob uns die Complication der drei Elemente, Vorstellung, Sprachlaut und Schriftzeichen, vollständig zum Bewusstsein kommt, dies hängt außerdem davon ab, welches dieser Elemente etwa unmittelbar sinnlich auf uns einwirkt. Die Vorstellung kann unter Umständen isolirt bleiben; der Sprachlaut ruft regelmäßig das Vorstellungsbild herbei, das Schriftzeichen erweckt den Sprachlaut sammt dem Vorstellungsbilde. Hierin wiederholt sich also die Entwicklungsfolge, in welcher die Bestandtheile der complexen Vorstellung an einander gefügt wurden. Doch macht der abstracte Begriff eine Ausnahme. Ihm entspricht in der Vorstellung überhaupt nur das gesprochene oder geschriebene Wort, das bei ihm zum vollständigen Aequivalent der sinnlichen Vorstellung wird. Den sinnlich nicht zu construirenden Begriffen substituirt es vorstellbare Zeichen, die sich nun auf das innigste verbinden, so dass nicht nur mit dem Schriftzeichen das Wort, sondern in der Regel auch umgekehrt mit dem Wort das Schriftzeichen vorgestellt wird. Bei Menschen, die an abstractes Denken und an dessen Ausdruck in Sprache und Schrift gewöhnt sind überträgt sich diese Substitution des Symbols für den Begriff in gewissem Grade sogar auf das sinnliche Gebiet. In dem Verlauf ihrer Gedanken treten manchmal selbst die Einzelvorstellungen hinter deren Sprach- und Schriftzeichen zurück. Wie viel in allen diesen Fällen die gewohnheitsmäßige Verbindung gewisser Vorstellungen leistet, die ursprünglich durchaus beziehungslos neben einander bestehen können, dies zeigt auch die Erlernung der Sprache. Je öfter der Gegenstand und sein Zeichen zusammen vorgestellt worden sind, um so fester verbinden sie sich. Etwa von jenem Glauben des Naturmenschen, der in dem Bild den Mann, das

es vorstellt, zu verletzen, oder mit dem Namen die Eigenschaften der Person, die ihn trug, einem Andern mitzutheilen glaubt, ist noch auf uns übergegangen, wenn dem naiven Bewusstsein die Laute der Muttersprache den Dingen, die sie bedeuten, vorzugsweise verwandt zu sein scheinen[1].

2. Successive Associationen.

Indem sich frühere Sinnesvorstellungen anscheinend spontan in unserm Bewusstsein erneuern, folgen sie dabei bestimmten Regeln der gegenseitigen Verbindung. Reproduction und successive Association stehen daher in unmittelbarer Beziehung. Die Reproduction ist das Hervortreten einer Vorstellung in das Bewusstsein, die Association ihr Zusammenhang mit vorausgegangenen Erinnerungsbildern oder Sinneseindrücken. Jedenfalls in der Mehrzahl der Fälle erweist sich auf diese Weise die Association als der directe Grund der Reproduction. Zwar lässt sich die Möglichkeit nicht bestreiten, dass die automatische Reizung bestimmter centraler Gebiete unmittelbar eine Reproduction erzeugen kann[2]. Aber da es zweifellos vorkommt, dass einzelne Mittelglieder einer Associationsreihe unserer Beobachtung entgehen, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass viele wenn nicht alle Fälle eines scheinbar »freien Aufsteigens der Vorstellungen« auf die unten zu besprechende mittelbare Association zurückgeführt werden müssen.

Die Regeln, nach welchen sich auf einander folgende Vorstellungen verbinden, hat man als Associationsgesetze bezeichnet und vier solcher Gesetze unterschieden: die Verbindung nach Aehnlichkeit, nach Contrast, nach räumlicher Coexistenz und nach zeitlicher Folge[3]. Der Ausdruck »Gesetze« für diese Arten der Verbindung ist offenbar ungeeignet; er erweckt die Meinung, als wenn in den hier aufgestellten Begriffen irgend eine causale Erklärung der Associationsprocesse gegeben wäre, während dieselben doch nur allgemeine Classen bezeichnen, in die man die

---

1) Vgl. Lazarus, Das Leben der Seele, II, S. 77.

2) Vgl. I, S. 191 ff.

3) Ueber die Geschichte dieser Regeln vgl. Siebeck, Geschichte der Psychol. I, 2, S. 76 ff. Volkmann, Lehrbuch der Psychologie, 2. Aufl., I, S. 430. Uebersehen ist in diesen, ebenso wie meines Wissens in allen andern historischen Darstellungen der Associationslehre der Zusammenhang jener vier auf Aristoteles zurückgehenden Formen mit der Methode der Aristotelischen Begriffsgliederung: die zwei Gegensatzpaare des Aehnlichen und Entgegengesetzten, der Gleichzeitigkeit und der Folge sind in der That vollkommen analog den Gegensätzen des Trockenen und Feuchten, Warmen und Kalten, auf denen die vier Elemente der Aristotelischen Physik beruhen. Vgl. Phil. Stud. VII, S. 329.

verschiedenen Fälle der Association ordnen kann, die aber zuerst noch der Zurückführung auf bestimmte psychologische Gesetze bedürfen. Nicht als Associationsgesetze, sondern als **Associationsformen** werden daher Verallgemeinerungen wie die hier aufgestellten gelten können. Nun ist längst bemerkt worden, dass die beiden ersten dieser Formen zusammengehören. Contrastirende Vorstellungen associiren sich nur dann, wenn sie in irgend einer Weise verwandt sind. Ebenso stehen die dritte und vierte einander nahe, da bei beiden nicht eine innere Beziehung der Vorstellungen, sondern eine äußere gewohnheitsmäßige Verbindung derselben gegeben ist, welche in einer der beiden Formen extensiver Ordnung, in der räumlichen oder zeitlichen, geschehen kann. Naturgemäßer erscheint es daher zunächst **zwei** Hauptformen der successiven Association zu unterscheiden, welche wir als die **äußere** und als die **innere** bezeichnen wollen[1]. Die **äußere** Association beruht stets auf einer durch wiederholte Einübung eingetretenen Gewöhnung. Sobald irgend welche Vorstellungen, die innerlich noch so disparat sein mögen, mehrmals unserm Bewusstsein in äußerer Verbindung geboten werden, tritt die Neigung ein sie in der nämlichen Verbindung zu erneuern. Das Princip, welches dieser Form der Associationen zu Grunde liegt, können wir daher als dasjenige der **associativen Uebung** bezeichnen, wobei wir durch diesen Namen andeuten, dass es hier um eine specielle Anwendung des für alle psychophysischen Vorgänge so wichtigen Gesetzes der Uebung sich handelt[2]. Die **innere** Association umfasst unter Umständen Vereinigungen von Vorstellungen, die niemals zuvor verbunden gewesen sind; aber eine unerlässliche Bedingung einer solchen Verbindung ist es, dass die Vorstellungen irgend welche Elemente mit einander gemein haben. Das der innern Association zu Grunde liegende Princip mag daher als das der **associativen Verwandtschaft** bezeichnet werden.

Beide Hauptformen der Association bedürfen jedoch, wenn sie uns eine Uebersicht über die vielgestaltigen Erscheinungen des Verlaufs unserer Vorstellungen verschaffen sollen, weiterer zweckentsprechender Eintheilungen. Hier hat die alte Associationslehre unter dem Gesetze der Aehnlichkeit eine Menge wohl zu unterscheidender Beziehungen zusammengefasst; der Contrast verdankt offenbar weniger der Beobachtung als dem Streben, zu der Aehnlichkeit einen logischen Gegensatz zu finden, seinen Vorzug vor andern Beziehungen. Ebenso ist die Eintheilung der äußern Associa-

1) Mit dieser Unterscheidung fällt diejenige HERBART's in mittelbare und unmittelbare Reproduction im wesentlichen zusammen; doch sind bei den letzteren Ausdrücken hypothetische Ansichten über die Bedingungen des Vorstellungsverlaufes maßgebend gewesen, denen wir hier nicht folgen können. Vgl. die unten (4) folgenden kritischen Bemerkungen über HERBART's Mechanik der Vorstellungen.

2) Vgl. I, S. 236.

tion in eine räumliche und zeitliche weder erschöpfend noch trifft sie das Wesen der Sache. Es können Vorstellungen, die uns ursprünglich simultan gegeben waren, bei der Reproduction successiv in unser Bewusstsein treten, aber die simultane Verbindung braucht nicht nothwendig eine räumliche zu sein: wir können z. B. die Töne eines Accords oder die Bestandtheile einer Complication von Geruchs- und Geschmacksempfindungen successiv associiren. Wenn sich auf diese Weise die Theile einer ursprünglich simultanen Association nach einander im Bewusstsein erneuern, so fallen sie damit selbstverständlich dem Gebiet der successiven Association zu. Nicht minder lässt die Association solcher Vorstellungen, die in irgend einem Verhältniss zeitlicher Aufeinanderfolge gegeben waren, beachtenswerthe Unterscheidungen zu je nach den Sinnesgebieten, welchen die Vorstellungen angehören, je nachdem sich ferner die successive Association, was allerdings gewöhnlich geschieht, in der nämlichen Reihenfolge vollzieht, wie die ursprünglichen Ereignisse oder, was doch ebenfalls vorkommen kann, in einer davon abweichenden. Um eine angemessene Ordnung der Associationsformen zu gewinnen, muss man die Associationen systematisch beobachten und sammeln. Aus einer solchen Sammlung, die sich auf etwa 400 einzelne Fälle erstreckt, ist der folgende Versuch einer Classification hervorgegangen:

Erste Hauptform: Aeußere Association.

Erste Unterform: Association simultaner Vorstellungen.

I. Association der Theile einer einzigen simultanen Vorstellung.
  1. A. des Ganzen zum Theil.
  2. A. des Theils zum Ganzen.

II. Association unabhängig coexistirender Vorstellungen.

Zweite Unterform: Association successiver Vorstellungen.

I. Association successiver Schallvorstellungen (vorzugsweise Wortassociationen).
  1. A. in der ursprünglichen Ordnung.
  2. A. in veränderter Ordnung.

II. Association successiver Gesichts- und anderer Sinnesvorstellungen.
  1. A. in der ursprünglichen Ordnung.
  2. A. in veränderter Ordnung.

Zweite Hauptform: Innere Association.

I. Association nach Ueber- und Unterordnung.
  1. A. einer übergeordneten Vorstellung.
  2. A. einer untergeordneten Vorstellung.

II. Association nach Beziehungen der Coordination.
  1. A. einer ähnlichen Vorstellung.
  2. A. einer contrastirenden Vorstellung.

III. Association nach Abhängigkeitsbeziehungen.
  1. A. nach Causalbeziehung.
  2. A. nach Zweckbeziehung.

Mehrere der in diesem Schema aufgeführten Formen lassen noch weitere Eintheilungen zu; da sie bei einer aufmerksamen Vergleichung einer größeren Zahl von Associationen leicht sich ergeben, so mögen sie hier übergangen werden[1]). Unter den Associationen successiver Vorstellungen sind für das menschliche Bewusstsein die Wortassociationen von hervorragender Wichtigkeit. Sie sind es, durch welche uns vorzugsweise der intellectuelle Erwerb des Bewusstseins verfügbar wird. Theils bei ihnen theils bei den innern Associationen wird daher die Bedeutung, welche die Association überhaupt für die Denkprocesse besitzt, besonders augenfällig. Diese Bedeutung besteht zunächst darin, dass die Association die logischen Vorstellungsverbindungen vorbereitet. In dieser Beziehung sind namentlich die inneren Associationen von großer Wichtigkeit. Ein Blick auf unsere Tafel lehrt, dass die einzelnen Formen derselben durchaus den hauptsächlichsten Begriffsverhältnissen entsprechen, welche die logische Classification unterscheiden kann[2]). Nun ist allerdings die Häufigkeit, mit welcher sich diese Associationen dem entwickelten Bewusstsein darbieten, zum Theil selbst durch die intellectuelle Ausbildung veranlasst, und viele Associationen nach Gattung und Art, Ursache und Wirkung u. dergl. verdanken gewiss lediglich der wiederholten Verbindung der betreffenden Begriffe ihre Festigkeit. Aber neben dieser secundären Entstehung logischer Associationen haben wir wohl auch eine primäre zu statuiren, welche darauf beruht, dass sich die Vorstellungen vermöge ihrer unmittelbaren inneren Beziehungen verbinden. Wenn der Anblick eines Baumes frühere Vorstellungen ähnlicher Gegenstände erweckt, begleitet von dem oben geschilderten Gefühl der Erkennung, so ist eine derartige Association noch keine logische Subsumtion, aber die Vorbereitung zu einer solchen, und die innere Association ist völlig in das logische Subsumtionsurtheil übergegangen, sobald die associirte Vorstellung den Werth einer begrifflichen Vorstellung gewonnen hat. Zur Bildung solcher Begriffsvorstellungen bietet aber wiederum die Association den erforderlichen Stoff dar[3]).

Auf diese Weise besitzt die Association gegenüber den apperceptiven Verbindungsprocessen der Vorstellungen theils die Bedeutung einer *vorbereitenden* theils die einer *unterstützenden* Function. Als vorbereitende Function verbindet sie die Vorstellungen nach ihren inneren

---

1) Vergl. hierüber TRAUTSCHOLDT, Phil. Stud. I, S. 216 ff. Eine andere Classification, bei welcher zugleich die unten zu besprechenden apperceptiven Verbindungen als eine besondere Associationsform behandelt sind, gibt FR. PAULHAN, L'activité mentale et les éléments de l'esprit. Paris 1889. Vgl. auch B. BOURDON, Revue philos. XXXI 1891, p. 561.

2) Vgl. meine Logik, 2. Aufl. I, S. 130 ff.

3) Vgl. hierzu unten (Nr. 4) die Erörterung über die apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen.

und äußeren Beziehungen und stellt so dem Bewusstsein Denkobjecte zur Verfügung, welche die vergleichende Thätigkeit desselben anregen. Durch diese entwickeln sich dann aus der inneren Association Beziehungen der Uebereinstimmung und des Unterschieds, der Coordination, der Ueber- und Unterordnung, sowie endlich, indem die äußere Association des Gleichzeitigen und Successiven unterstützend mit eingreift, Verbindungen nach Grund und Folge, nach Causal- und Zweckbeziehungen. Haben sich erst diese logischen Beziehungen der Vorstellungen unter dem Einfluss der apperceptiven Vergleichung gebildet, so werden dieselben aber ihrerseits wieder zunächst zu Formen der inneren und dann, da bei jeder inneren Association wiederum das Princip der gewohnheitsmäßigen Einübung eingreift, auch zu solchen der äußeren Association. Indem die Association auf diese Weise dem Denken fortwährend bestimmte Vorstellungsreihen in festen Associationen zur Verfügung stellt, entfaltet sie nun ihre Bedeutung als unterstützende Function, die jener vorbereitenden an Wichtigkeit nicht nachsteht. Als die gemeinsame Grundform zu allen oben unterschiedenen Gestaltungen innerer Association erweist sich hierbei die allgemeine Association nach Aehnlichkeit. Alle andern, welche die mitgetheilte Tafel unterscheidet, sind associativ gewordene Denkformen. Im entwickelten Bewusstsein ist aber offenbar jene primitive Association nach Aehnlichkeit in ihrem isolirten Bestande nicht mehr zu beobachten, wie denn überhaupt der entwickelte Zustand in einem fortwährenden Ineinandergreifen der associativen und apperceptiven Processe besteht. So beruht auch diese Trennung auf einer Abstraction, der sich die Wirklichkeit immer nur mehr oder weniger annähern kann. Immerhin bietet uns das entwickelte Bewusstsein zahlreiche Erscheinungen dar, die namentlich zu dem rückwärts gerichteten Theil der oben geschilderten Entwicklung sprechende Belege darbieten. Bei diesem Uebergang der logischen Gedankenverbindungen in innere und der letzteren wieder in äußere Associationen kommt der Wortassociation eine höchst bedeutsame Stellung zu. Aehnlich wie die inneren Associationen den Gedankenprocess vorbereiten, so machen hinwiederum die Wortassociationen die logischen Vorstellungsverbindungen zu mechanisch eingeübten, ohne active Anstrengung des Denkens sich vollziehenden Vorgängen, welche fortwährend zum logischen Gebrauch disponibel bleiben.

In allen diesen Gestaltungen kann sich die successive Association in der mannigfaltigsten Weise mit den vorhin betrachteten Formen der Assimilation und der Complication verbinden. Namentlich aber finden, wie schon bemerkt, zwischen diesen simultanen und den successiven Associationen fortwährende Uebergänge statt, indem die Zugehörigkeit zu der einen oder der andern Classe nicht von den Verbindungsprocessen selbst,

sondern von der Geschwindigkeit abhängt, mit der sich dieselben je nach den vorhandenen Widerständen vollziehen. So erweckt der Anblick eines geläufigen Gegenstandes in der Regel so unmittelbar die ihn bezeichnende Wortvorstellung oder das Bild eines Schriftzeichens die Lautvorstellung mit den sie begleitenden Bewegungsempfindungen in den Articulationsorganen, dass diese Verbände als simultane Complicationen erscheinen. Sobald dagegen aus irgend welchen Gründen die Verbindungen erschwert sind, wird die Complication zu einem successiven Vorgang. Gerade bei der Verbindung disparater Vorstellungen ist aber die rasche Succession von dem gleichzeitigen Eintritt schwer zu unterscheiden, weil das bei der Assimilation vorhandene Merkmal der Verbindung zu einer einzigen Vorstellung hier mangelt. Aus den Beobachtungen von E. W. Scripture scheint hervorzugehen, dass die successive Complication vielleicht ebenso häufig vorkommt, wie jene einem und demselben Sinnesgebiet angehörigen inneren und äußeren Associationen, die zunächst der Assimilation verwandt sind[1]. Bei den letzteren bilden, wie oben bemerkt, die Erscheinungen des Erkennens und des Wiedererkennens besonders ausgeprägte Beispiele eines Uebergangs von der simultanen zur successiven Verbindung dar. Je einfacher ein solcher Act, und je mehr er durch disponible Vorstellungen und den Mangel entgegenstehender Hemmungen erleichtert ist, um so weniger wird man sich eines Unterschieds des gegenwärtigen Eindrucks von früheren Vorstellungen bewusst. Verwickelte Beschaffenheit des Gegenstandes sowie irgend welche von andern Bewusstseinsinhalten ausgehende Ablenkungen verwandeln dagegen den Vorgang in eine deutliche Aufeinanderfolge, bei der nun zugleich zwei Stadien in dem Verhalten des appercipirten Eindrucks zum Bewusstsein zu unterscheiden sind: ein erstes der Unbekanntschaft, und ein zweites der Bekanntheit. Beide trennen sich um so bestimmter von einander, je klarer sich die ihnen entsprechenden gegensätzlichen Gefühle ausgeprägt haben. Mit diesem Auftreten einer deutlichen Succession geht nun aber der Erkennungs- oder Wiedererkennungs- in einen Erinnerungsact über. In dem einfachsten hier zunächst betrachteten Fall erinnert der wahrgenommene Gegenstand unmittelbar oder mittelbar (durch seine eigenen Eigenschaften oder durch zufällig verbundene Erscheinungen) an sein Vorkommen in einer früheren Wahrnehmung. Eine solche auf den Gegenstand selbst sich beziehende Erinnerung nennen wir speciell eine Wiedererinnerung. Wie nur

---

1) E. W. Scripture, Phil. Stud. VII, S. 50 ff. Dabei ist freilich zu bemerken, dass Scripture Angaben darüber, ob und wann einzelne der von ihm beobachteten Complicationen mit den primären Eindrücken gleichzeitig zu sein schienen, nicht gemacht hat, wahrscheinlich wegen der oben hervorgehobenen Schwierigkeit, die scheinbare Gleichzeitigkeit von der raschen Succession zu unterscheiden.

aber sie schon durch mittelbare Merkmale bewirkt sein kann, so kann auch weiterhin der Gegenstand überhaupt an einen andern erinnern, der nur in irgend welchen inneren oder äußeren Beziehungen zu ihm steht: in diesem Fall entsteht jene Erinnerung im weiteren Sinne, welche den gewöhnlich unterschiedenen Associationsformen zu Grunde liegt. Je mehr sich hierbei die Association in Folge irgend welcher Widerstände, die sie findet, verlangsamt, um so leichter kann es dann auch geschehen, dass sich der Erinnerungsact selbst wieder in mehrere Acte gliedert, indem entweder zuerst der eine, dann der andere Bestandtheil der erinnerten Vorstellung, oder indem ihr Vorkommen in verschiedenen Vorerlebnissen successiv ins Bewusstsein tritt. Auch beobachtet man in einzelnen dieser Fälle, dass der Gefühlston der erinnerten Vorstellung früher als ihr Vorstellungsinhalt appercipirt wird[1]. Hier wird man schwerlich anzunehmen haben, dass Gefühl und Vorstellung überhaupt getrennt in das Bewusstsein eintreten; vielmehr macht es, abgesehen von dem allgemeinen Zusammenhang von Gefühl und Vorstellung, der Verlauf des Associationsprocesses selbst im höchsten Grade wahrscheinlich, dass nur die Apperception des Gefühls der des Vorstellungsinhaltes vorangegangen sei. Diese Annahme wird weiterhin auch dadurch bestätigt, dass nicht nur Vorstellungsbestandtheile, sondern ganze Vorstellungen, die wir nicht appercipiren, von denen wir aber gleichwohl theils wegen der associativen Wirkungen, die sie ausüben, theils wegen der stattfindenden Bedingungen der Sinneserregung annehmen müssen, dass sie während einer gewissen Zeit im Bewusstsein gewesen seien, als Glieder in eine Associationsreihe eingehen können. Es entsteht dadurch eine mittelbare Association. Sie hat ihr Vorbild insofern in dem elementareren Vorgang des mittelbaren Wiedererkennens, als bei ihr ebenfalls die successiv appercipirten Vorstellungen nicht durch sich selbst, sondern durch eine andere sich als Mittelglied einschiebende Vorstellung verbunden werden. Aber während es bei dem mittelbaren Wiedererkennen nicht ausgeschlossen ist, dass die vermittelnden Merkmale ebenfalls appercipirt werden, ist es bei der mittelbaren Association gerade wesentlich, dass die Mittelvorstellung unbemerkt bleibt. Denn entgeht sie der Aufmerksamkeit nicht, so entsteht eine gewöhnliche Association, die nun deutlich durch drei successive Glieder verläuft. Die mittelbare Association erzeugt auf diese Weise stets den Schein eines »freien«, d. h. nicht durch irgend welche Associationsbedingungen veranlassten Aufsteigens von Vorstellungen. Dass solche im Bewusstsein anwesende aber nicht appercipirte Vorstellungen gleichwohl auf die Apperception bestimmte Wirkungen ausüben können, haben wir übrigens in

---

1) Scripture, Phil. Stud. VI, S. 536 ff..

anderem Zusammenhang, bei den Beobachtungen über den Umfang der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins, bereits gesehen [1]). Es ist demnach an und für sich schon, falls dies die Beobachtung erweisen sollte, leicht möglich, dass sie auch als unbemerkte Associationsglieder wirken können; und in der That hat SCRIPTURE unter bestimmten Bedingungen, nämlich bei der Combination bekannter mit unbekannten Wortzeichen, solche mittelbare Association beobachtet [2]). Uebrigens ist dadurch das Vorkommen einer Erinnerung, die ursprünglich nicht durch Association bewirkt wird, nicht ausgeschlossen, da aus physiologischen Gründen durch automatische Gehirnreizung entstehende Empfindungen, die zu bestimmten Vorstellungen Anlass geben, natürlich möglich sind. Immerhin wird auch in diesem Fall die Vollendung des Erinnerungsactes der Association überlassen bleiben. Denn solche automatisch erregte Empfindungen werden sich nicht anders verhalten als die durch äußere Sinneseindrücke erzeugten: sie werden zunächst Assimilationen und dann successive Associationen auslösen. Gerade in Fällen, wo solche automatische Reizungen eine ungewöhnliche Stärke gewinnen, wie in den irritativen Stadien der Geisteskrankheit, trägt daher der Vorstellungsverlauf deutlich das Gepräge associativer Verbindungen. In diesem Sinne ist daher die von der früheren, namentlich der HERBART'schen Psychologie aufgestellte Lehre von einem »freien Aufsteigen der Vorstellungen« unhaltbar. An die Voraussetzung gebunden, dass die Vorstellungen unvergängliche Objecte seien, wird sie mit der Erkenntniss, dass jede Vorstellung ein aus mannigfachen Elementen zusammengesetzter, jedesmal neuer Vorgang ist, von selbst hinfällig. Vermöge dieser Zusammensetzung gehen aber Associationen in alle Vorstellungen ein, in simultaner Form auch in solche, die durch äußere Sinneseindrücke erweckt werden. Innerhalb dieser allgemeingültigen Bedeutung der Association bleiben dann aber für das Einsetzen ihrer Wirkungen zwei Fälle möglich: entweder ist der erste Anstoß zu einer Association ein Erregungsvorgang, der selbst nicht associativ entstanden ist, und hierbei kann derselbe wieder in einer äußeren Sinnesreizung oder in einer inneren automatischen Erregung bestehen; oder jener Anstoß ist selbst Bestandtheil eines Associationsprocesses.

---

1) Vgl. Cap. XV, S. 286 ff.

2) SCRIPTURE, Phil. Stud. VII, S. 76 ff. Die Versuche bestanden darin, dass mit bekannten Wörtern in lateinischer Schrift auf denselben während kurzer Zeiten dargebotenen Objecten japanische Schriftzeichen verbunden wurden, so zwar, dass von diesen gelegentlich die gleichen mit verschiedenen Wörtern verbunden vorkamen. Es zeigte sich, dass, obgleich von den japanischen Zeichen keine Erinnerung zurückgeblieben war, die zugehörigen bekannten Wörter in so vielen Fällen associirt wurden, dass eine zufällige Association unwahrscheinlich war. Auf Grund gewöhnlicher, aber freilich auch nicht entscheidender Selbstbeobachtungen hat übrigens schon W. HAMILTON das Vorkommen einer mittelbaren Association vermuthet. (Lectures on Metaphysics, I, p. 352.)

— dann handelt es sich um einen der oben geschilderten, durch Association vermittelten Erinnerungsvorgänge.

Aus diesen Entstehungsbedingungen ergeben sich nun auch die aus der Selbstbeobachtung bekannten Unterscheidungsmerkmale der Erinnerungsbilder gegenüber den Sinneswahrnehmungen. Es gibt deren, so viel sich erkennen lässt, zwei: das erste besteht in der geringen Intensität der Empfindungsbestandtheile des Erinnerungsbildes, ein Merkmal, welches übrigens bei den einzelnen Empfindungsgebieten wieder in verschiedenem Grade vorhanden ist und auch individuell mannigfache Unterschiede darbietet, ohne damit jedoch seine allgemeine Constanz einzubüßen; das zweite besteht in der associativen Verknüpfung einer Vorstellung mit andern Vorstellungen. Von diesen Merkmalen ist das erste das zunächst entscheidende. Wo es mangelt, da wird die Unterscheidung des Erinnerungsbildes von dem wirklichen Erlebniss unter allen Umständen unsicher, wie die allgemein, nicht bloß bei Geisteskranken, bestehende Neigung zeigt, Hallucinationen, d. h. Erinnerungsbilder mit ungewöhnlicher Intensität des Empfindungsinhaltes, für Sinneswahrnehmungen zu halten. Ist demnach das zweite der genannten Merkmale für die allgemeine Unterscheidung des Erinnerungsbildes nicht das entscheidende, so wird es dagegen um so wichtiger für die speciellere Charakterisirung desselben, die dann doch auch wiederum auf jene Unterscheidung verdeutlichend zurückwirkt. Indem das associativ erweckte Erinnerungsbild seinerseits durch Associationen mit zahlreichen andern Vorstellungen verbunden ist, pflegen unter diesen diejenigen, die mit ihm in nächster zeitlicher Berührungsverbindung stehen, mehr oder weniger deutlich theils gleichzeitig theils nachher in das Bewusstsein zu treten. Es entsteht so dasjenige, was mit einem bildlichen Ausdruck »Localisation in der Zeit« genannt worden ist[1]), eine Beziehung zu der zeitlichen Umgebung der Vorstellung bei ihrem früheren Vorhandensein. Diese Beziehung prägt sich übrigens nur zu einem geringen Theil in bestimmten Vorstellungen aus, die als secundäre Associationen zu dem Erinnerungsbilde hinzutreten; zu einem andern Theil besteht sie in einem eigenthümlichen Totalgefühl; welches sich, wo wir irgend es näher zu analysiren im Stande sind, als eine Wiederholung des Gefühlszustandes darstellt, der in dem Zeitpunkt, auf den sich der Erinnerungsact bezieht, in unserem Bewusstsein vorhanden war. So erinnere ich mich deutlich gewisser Ereignisse oder einzelner Situationen aus verschiedenen Lebenszeiten, namentlich auch aus meiner frühesten Jugend. Jede derselben hat sich zumeist, und um so mehr, in eine je frühere Zeit sie zurückreicht, in einer einzelnen, manchmal sogar ziemlich unbestimmten

1) Ribot, Les maladies de la mémoire. Paris 1881, p. 32 ff.

Vorstellung fixirt. Aber jeder dieser Vorstellungen haftet ein ganz eigenthümlicher Gefühlston an, in dem ich etwas von der Gesammtstimmung wiederzufinden glaube, die gerade die bestimmte Lebensperiode erfüllte. In vielen Fällen scheint es daher bei jener Localisation in der Zeit zu einer Apperception der weiteren mit der erinnerten Vorstellung associirten Vorstellungsinhalte gar nicht zu kommen: es genügt jene Gefühlsassociation, um eine gewisse allgemeine Zeitbeziehung möglich zu machen. Dem entspricht es denn auch, dass solche Zeitbeziehungen in der Regel äußerst unbestimmt sind, so lange sich nicht ein absichtliches Nachdenken auf sie richtet.

Wie in diesem speciellen Fall, so sind nun aber überhaupt die Erinnerungsvorgänge stets von mehr oder weniger lebhaften Gefühlen begleitet. Diese lassen sich in solche unterscheiden, die an die Associationsprocesse, und in andere, die an die durch die Association gehobenen Vorstellungen geknüpft sind. Zu beiden treten dann aber im Verlauf der Associationsvorgänge stets noch weitere Gefühle hinzu, die, wie der sonstige Wechsel des Bewusstseinszustandes zeigt, nicht der Association als solcher, sondern den sich an sie anschließenden Apperceptionsprocessen angehören. Namentlich wenn Associationen eine gewisse Zeit hindurch möglichst ungemischt vor sich gehen, z. B. in dem Zustand planlosen Schweifens der Vorstellungen, der Jedem aus eigener Selbstbeobachtung bekannt ist, wird in dem Moment, wo entweder ein neuer Sinneseindruck oder ein durch irgend welche Associationen gehobenes Erinnerungsbild sich aufdrängt, stets auch das früher (S. 266) erwähnte Gefühl des Erleidens wahrgenommen. Dass für dieses Gefühl der Passivität des Bewusstseins weder in der natürlichen Sprache noch in der wissenschaftlichen Terminologie eine zureichende Bezeichnung existirt, ist begreiflich genug. Wir haben, wenn wir nicht Psychologen sind, kaum jemals Anlass, uns mit diesem Gefühl zu beschäftigen, während das entgegengesetzte der Bewusstseinsthätigkeit eher unsere Aufmerksamkeit fesselt, schon deshalb weil es selbst eben die Aufmerksamkeitsvorgänge begleitet. Dass übrigens selbst die Psychologen kaum jenem Gefühl eine Beachtung geschenkt, erklärt sich wohl aus der durchgängigen Vernachlässigung aller nicht gerade an bestimmte Vorstellungsinhalte gebundenen Gefühlsvorgänge, eine Vernachlässigung, die durch die gewöhnliche, der experimentellen Schulung entbehrende und daher an den Vorstellungsobjecten, die verhältnissmäßig am leichtesten der inneren Wahrnehmung Stand halten, festklebende Selbstbeobachtung wesentlich unterstützt wird. Jenes Gefühl der Passivität scheint mir das unterscheidende Grundgefühl aller Associationsvorgänge zu sein. Wir bemerken es bei der äußeren Sinneswahrnehmung, wo es sich in der zwingenden Macht äußert, mit der uns der Eindruck gegeben

wird; wir bemerken es aber auch bei allen unwillkürlichen Erkennungs- und Erinnerungsvorgängen, manchmal mit überraschender Deutlichkeit, manchmal auch zurücktretend gegenüber plötzlich auftretenden Gefühlen des Besinnens oder sonstiger Aufmerksamkeitsspannung, von denen aber dann im nächsten Moment oft doch wieder jenes Gefühl um so klarer sich abhebt. Man darf eben auch hier nie vergessen, dass die wirklichen seelischen Processe fortwährend wechseln; insbesondere schließt auch jeder einzelne Associationsact einen solchen Wechsel ein: den äußeren Sinneseindruck empfangen wir im ersten Moment passiv, im nächsten wendet sich ihm die Aufmerksamkeit zu; gerade so verhalten wir uns einer neu aufsteigenden Erinnerungsvorstellung gegenüber: hier wie dort folgt auf das zuerst bemerkbare Gefühl des Erleidens das der thätigen Erfassung der Vorstellung, das sich je nach den Bedingungen bis zur intensivsten Spannung der Aufmerksamkeit steigern kann. Ja in gedämpfter Weise bemerkt man ein solches Wogen der Gefühle selbst noch in jenem oben erwähnten Zustand des ruhigen Schweifens der Vorstellungen. Deutlicher ausgeprägt ist endlich dieselbe Oscillation bei den Erkennungs- und Wiedererkennungsacten zu finden, bei denen der Uebergang in Aufmerksamkeitsvorgänge, der namentlich bei den mittelbaren Wiedererkennungen oft sehr auffällig ist, oben schon erwähnt wurde. Dass aber in allen diesen Fällen dem eigentlichen Associationsprocess nur das zuerst vorhandene Passivitätsgefühl, nicht das mehr oder weniger regelmäßig darauf folgende Thätigkeitsgefühl angehört, scheint mir unzweifelhaft, da die Association als solche eigentlich schon vollendet ist, wenn jene Aufmerksamkeitsvorgänge mit den sie begleitenden Gefühlen beginnen. Nur unter besonderen Bedingungen, wie bei einer durch Hemmungen sehr verlangsamten Erkennung oder Wiedererkennung, treten die activen Gefühle noch vor der Vollendung der Association ein.

Zweifellos finden sich nun zwischen den verschiedenen Gestaltungen, die das Associationsgefühl je nach der eigenthümlichen Associationsform annimmt, bei aller Verwandtschaft im Grundcharakter doch bestimmte Unterschiede, die wohl theils von den eigenthümlichen Associationsbedingungen theils aber auch davon abhängen, wie der einzelne Associationsvorgang zur Auslösung bestimmter Apperceptionsprocesse disponirt. So überwiegt bei der gewöhnlichen Sinneswahrnehmung und ebenso bei dem unaufmerksamen träumerischen Sinnen das Passivitätsgefühl; beide Zustände unterscheiden sich aber durch die stärkeren Gefühlstöne des Empfindungsinhaltes der unmittelbaren Wahrnehmung. Dagegen tritt bei den meisten Erkennungs-, Wiedererkennungs- und Erinnerungsacten die zweite active Phase der Gefühlsoscillation häufig mehr hervor. Hierbei scheint der Unterschied der Erinnerungs- von den Erkennungsgefühlen wesentlich

darin zu bestehen, dass sich bei den Erinnerungsvorgängen das Wiedererkennungs- oder Erkennungsgefühl immer erst allmählich gegen ein anderes, namentlich bei völlig neuen Eindrücken gegensätzliches Gefühl aufzuarbeiten hat, wie denn ja die Erinnerung gewissermaßen als ein von einer gegenwärtigen auf eine frühere Vorstellung übertragener Erkennungsvorgang betrachtet werden kann. Dazu können dann noch als Gefühle, die aber eigentlich nicht der Association selbst sondern den von ihr erregten Aufmerksamkeitsvorgängen angehören, die meist sehr intensiven Gefühle des Besinnens hinzukommen. Abgesehen von diesen secundär erweckten Apperceptionsgefühlen, verbinden sich dann aber regelmäßig die Erinnerungsacte mit den Gefühlen, die von der besonderen Beschaffenheit der erinnerten und der mit den erinnerten associirten Vorstellungen herrühren. Diese sind in Bezug auf ihre Bedeutung für die Zeitbeziehung der Erinnerungen schon oben erwähnt worden. Einen nicht minder großen Einfluss üben sie aber deshalb auf unsere Bewusstseinszustände aus, weil sich in diesen Gefühlsreflexen der Vergangenheit der wesentliche Inhalt unserer Lebenserinnerungen zusammenfasst und dadurch wieder auf unseren gegenwärtigen Bewusstseinszustand einen fortdauernden Einfluss ausübt. Auf diese Weise ist der durch die Association vermittelte Gefühlszusammenhang des Bewusstseins die Hauptgrundlage jenes **Persönlichkeitsgefühls**, das einen wesentlichen Antheil unseres Selbstbewusstseins ausmacht.

Schon Fr. Galton hat versucht, auf statistischem Wege über den Vorgang der Associationen, namentlich über die verschiedenen Formen und Bedingungen der *successiven* Associationen, nähere Aufschlüsse, als solche die gewöhnliche zufällige Selbstbeobachtung gewährt, zu gewinnen. Galton wählte hierzu folgendes Verfahren[1]). Er ließ beim Anblick eines ihm zufällig aufstoßenden Gegenstandes die Gedanken schweifen, um sie nach einiger Zeit plötzlich mit der Aufmerksamkeit zu fixiren und niederzuschreiben. In einer andern Versuchsreihe benutzte er Wörter, die einige Zeit vorher aufgeschrieben und wieder vergessen worden waren. Er bemerkte, dass die so angeregten Associationen in der Regel sämmtlich an den ersten Sinneseindruck angeknüpft werden und seltener sich unter einander verbinden; doch dürfte diese Erscheinung wohl in den speciellen Versuchsbedingungen begründet und daher nicht als allgemeingültig anzusehen sein. Rücksichtlich der Art der Associationen ließ sich beobachten, dass verhältnissmäßig viele Vorstellungen wiederholt auftreten und in ihrer Entstehung in eine frühere Zeit zurückreichen. Die einmaligen Associationen gehören vorzugsweise der jüngsten Vergangenheit an. So fanden sich bei 505 Associationen auf 100

23 viermal, 21 dreimal, 23 zweimal, 33 einmal.

1) Galton, Brain 1879, p. 149 ff.

In 124 Fällen gelang es den ersten Ursprung der Vorstellung nachzuweisen. Von 100 gehörten wieder an:

	4malige	3malige	2malige	1malige	im Ganzen
der Kindheit und ersten Jugend	10	9	7	13	39
dem Mannesalter	8	7	5	26	46
der jüngsten Vergangenheit . .	—	3	1	11	15

Nach der Beschaffenheit der Vorstellungen ordnet GALTON die Associationen in drei Gruppen: 1) Wortvorstellungen, die theils zu andern Wörtern theils zu sonstigen Vorstellungen associirt werden können, 2) andere Sinnesvorstellungen, unter denen wieder Gesichtsvorstellungen am häufigsten sind, 3) »theatralische Vorstellungen« d. h. solche, in denen der Beobachter meistens sich selbst in einer gewissen Stellung oder Handlung sieht. Als Wörter zur Erweckung von Associationen verwendet wurden, zeigte es sich, dass das Auftreten dieser drei Classen von Associationen von der Bedeutung der Wörter abhängig war. Nach den von GALTON gegebenen Beispielen ist anzunehmen, dass Wörter, die einzelne Objecte bezeichnen, theils Sinnesbilder theils andere Wörter erweckten, nur sehr selten theatralische Vorstellungen, während die letzteren vorzugsweise bei solchen Wörtern auftraten, die selbst eine Handlung oder Stellung anzeigen; wechselnd und unbestimmter verhielten sich Wörter von abstracter Bedeutung.

Die früher (S. 377 ff.) geschilderten Versuche über die Associationszeit, welche ich gemeinschaftlich mit den Herren BESSER, TRAUTSCHOLDT und G. STANLEY HALL ausführte, wurden nebenbei auch zu einer Statistik der Associationen benutzt. Es ergaben sich dabei für die Häufigkeit der oben (S. 465) unterschiedenen Hauptformen folgende Zahlen:

	B.	*T.*	*W.*	*H.*
Gesammtzahl der beobachteten Associationen	127	130	44	57
Von 100 waren:				
Aeußere Associationen	64	75	48	31
1) A. simultaner Eindrücke	23	32	21	15
2) A. successiver Eindrücke (Wortassociationen, andere nicht beobachtet)	41	43	27	16
Innere Associationen.	36	25	52	69
1) A. nach Ueber- und Unterordnung.	10	15	14	26
2) A. nach Coordination	24	8	38	37
3) A. nach Abhängigkeit.	2	2	0	6

Die Zahlen der letzten Verticalcolumne lassen deutlich den Einfluss der geringeren Geläufigkeit der Sprache an der relativ kleinen Zahl der Wortassociationen erkennen. Zugleich fand sich eine specielle Form der letzteren nur bei Herrn HALL, nicht bei den übrigen Beobachtern, nämlich die Association ähnlich klingender Wörter (wie z. B. Demuth zu Muth oder Reimwörter), auch dies ohne Zweifel eine Folge der Fremdheit der Sprache, welche eine größere Aufmerksamkeit auf den äußeren Klang veranlasste. Zwischen den übrigen Beobachtern fanden sich ebenfalls Unterschiede, die individuell

charakteristisch sind: so ist bei mir selbst die Zahl der Wortassociationen relativ kleiner, diejenige der innern Associationen größer. Unter den Verhältnissen der Coordination überwog bei allen die Aehnlichkeit über den Gegensatz, meist ungefähr im Verhältniss von 2 : 1. Unter den Abhängigkeitsbeziehungen wurden nur causale beobachtet [1]).

3. Theorie der Associationen.

Unsere Untersuchung der Associationsvorgänge ist von jenen Formen der inneren und der äußeren Association ausgegangen, welche die unmittelbare Beobachtung unterscheiden lässt, ohne zu fragen, wie sich diese Formen in den ihnen zu Grunde liegenden Bedingungen zu einander verhalten, noch wie überhaupt die Ursachen zu denken seien, aus denen sie hervorgehen. Mit der Anerkennung der Thatsache, dass die oben unterschiedenen Grundformen der Association und ihre Unterformen nicht Gesetze des Geschehens sondern lediglich Classenbegriffe sind, unter die wir die verwickelten Erscheinungen ordnen können, ist aber von selbst die Aufgabe gestellt, aus jenen Formen und aus ihren Beziehungen zu einander und zu andern Erscheinungen nun erst die elementaren Bedingungen der Association zu finden. Da das Erinnerungsbild so gut wie die unmittelbare Sinnesvorstellung, die assimilirenden so gut wie die direct erregten Bestandtheile einer Vorstellung centrale Sinneserregungen voraussetzen, so sind die Associationen an und für sich psycho-physische Vorgänge, und dies schließt in sich, dass ihre causale Erklärung ebensowohl eine psychologische wie eine physiologische sein kann und, wenn sie nach allen Seiten befriedigen soll, nothwendig zugleich sein muss.

Die psychologische Deutung der Associationen hat sich vor allem von jenem Vorurtheil frei zu machen, das bis zum heutigen Tage in der Associationslehre herrschend geblieben ist und sie von vornherein unvermeidlich auf eine falsche Bahn führte: von dem Vorurtheil, dass die Vorstellungen constante Objecte seien, die verschwinden und wiederkommen, sich verbinden oder verdrängen können, dabei aber immer mehr oder weniger ihre Selbständigkeit bewahren. Von dieser falschen Verdinglichung ausgehend betrachtete man die Associationen als Verbindungen zwischen den selbständigen Vorstellungen, vermöge deren immer nur je eine auf

1) Manche bemerkenswerthe Einzelheit über specielle Associationsformen enthalten außerdem die experimentellen Beobachtungen von Scripture, der sich der kurz dauernden Einwirkung von Gesichtsobjecten mannigfaltiger Art (Bilder, geometrische Figuren, Wörter u. s. w.) bediente und dabei ausschließlich die qualitative Beschaffenheit, nicht die Zeit der Associationen berücksichtigte. (Phil. Stud. VII, S. 50 ff.)

eine bestimmte andere einwirke, und durch die bei dem Erinnerungsact stets eine verschwundene Vorstellung genau in der Beschaffenheit der ursprünglichen, höchstens vielleicht in ihrer Stärke vermindert, wieder-erzeugt werde. So betrachtete man die »Reproduction« — ein Wort, in dem sich diese ganze irrige Auffassung verdichtete — als einen Vorgang, der im wörtlichsten Sinne für die als untheilbare und unveränderliche Objecte gedachten Vorstellungen selbst gültig sei. Hierbei war es dann unvermeidlich, dass die simultanen Verbindungen bei den Associationsvorgängen ganz außer Betracht blieben, und dass man bei dem Versuch, irgend eine Gesetzmäßigkeit der Associationen nachzuweisen, bei jenen Allgemeinbegriffen stehen blieb, die unter dem Namen der »Associationsgesetze« zu Ursachen der Vorgänge gestempelt wurden. So wiederholte sich hier auf dem Boden der Associationslehre der alte Irrthum der Vermögenstheorie. Nur in einer Beziehung glaubte man zuweilen mehr dem Geiste exacter Forschung Rechnung tragen zu sollen: in dem Streben nach Vereinfachung der Erklärungsgründe. Nachdem die alten Associationsregeln auf die zwei Formen der inneren oder der Aehnlichkeitsassociation und der äußeren oder der Berührungsassociation zurückgeführt waren, konnte in der That ja immer noch der weitere Vereinfachungsversuch gemacht werden, die eine dieser Formen aus der andern abzuleiten. Dies ist im wesentlichen noch der Stand der Frage in der heutigen Psychologie. Hier zeigt sich nun freilich, dass es unmöglich ist, die äußeren oder Berührungsassociationen ganz zu eliminiren, während es dagegen keinen Fall sogenannter Aehnlichkeitsassociation gibt, den man nicht hypothetisch irgendwie auf eine äußere Association zurückführen könnte. So leitet z. B. der Anhänger der Aehnlichkeit die Association der Farben Orange und Gelb aus ihrer unmittelbaren subjectiven Verwandtschaft, der Anhänger der Berührung aus ihrer benachbarten Stellung im Spektrum her; jener bezieht die Association zwischen Cäsar und Napoleon auf deren analoge Eigenschaften, dieser auf den Umstand, dass beide oft zusammen genannt worden sind [1]). Aber dieser ganze Streit wird hinfällig, sobald man anerkennt, dass die elementaren Processe, aus denen die zusammengesetzten Erscheinungen hervorgehen, unmöglich zwischen den Vorstellungen selbst, sondern dass sie nur zwischen den einzelnen Empfindungsvorgängen stattfinden können, aus denen die Vorstellungen bestehen. Dieser Satz folgt aber mit Nothwendigkeit einerseits aus der unleugbaren Thatsache, dass die Vorstellungen nicht unvergäng-

1) Vgl. die Polemik zwischen HÖFFDING und LEHMANN, Vierteljahrsschr. f. wiss. Phil. XIV, S. 27 ff. und Phil. Stud. V, S. 96, VII, S. 169, VIII, S. 86, sowie meine Bemerkungen zu diesem Streit ebend. VII, S. 329 ff.

liche Objecte sind, sondern veränderliche Processe, anderseits aus den Erscheinungen, welche namentlich die simultane, aber bei aufmerksamerer Betrachtung auch die successive Association darbietet, — Erscheinungen, die unweigerlich zeigen, dass jener Begriff der »Reproduction« niemals auf eine fertige Vorstellung, sondern immer nur auf gewisse Vorstellungselemente bezogen werden kann, die, abgesehen vielleicht von gewissen oben beim Vorgang der Unterscheidung und des Wiedererkennens behandelten Grenzfällen, durchweg vielen, ja häufig unbegrenzt vielen früheren Vorstellungen angehören.

Fasst man so, wie es durch diese Erwägungen gefordert ist, alle Associationen als Resultanten elementarer Verbindungsprocesse zwischen einfachen Empfindungen oder relativ beschränkten Empfindungscomplexen auf, so sind nun an und für sich nur zwei solche Elementarprocesse möglich, deren thatsächliches Bestehen sich denn auch in allen Associationen bestätigt: die Verbindung gleicher Elemente, und die Verbindung solcher, die durch gemeinsames Vorkommen in einen functionellen Zusammenhang getreten sind. Wir wollen diese beiden Formen der Elementarverbindung die Gleichheitsverbindung und die Berührungsverbindung nennen, ohne dass jedoch mit diesen im Anschlusse an die geläufige Terminologie gebildeten Namen ausgedrückt sein soll, dass etwa die so genannte Aehnlichkeitsassociation in elementare Gleichheits-, die Berührungsassociation in ebensolche Berührungsverbindungen zerlegt werden könne. Vielmehr zeigt die Analyse dieser zusammengesetzten Associationsformen deutlich, dass jede von ihnen auf einer gleichzeitigen Wirksamkeit beider Elementarprocesse beruht, wobei nur im allgemeinen bei den inneren Associationen die Gleichheits-, bei den äußeren die Berührungsverbindungen in einem gewissen Uebergewichte sind. Der nächste Effect eines eine Association auslösenden Eindrucks wird es nämlich stets sein, dass gleiche Elemente früherer Eindrücke wiedererweckt werden. Indem sie, so lange die Association eine simultane bleibt, vollständig mit den ihnen gleichen Elementen des neuen Eindrucks verschmelzen, wird ihre Wirksamkeit zunächst nur aus der verstärkten Intensität und Klarheit, welche die ihnen entsprechenden Bestandtheile des Eindrucks empfangen, zu bemerken sein. In der That zeigt uns die Beobachtung überall, dass wir an neuen Eindrücken vorzugsweise das klar und deutlich auffassen, was uns aus früheren Wahrnehmungen bereits geläufig ist. Um das Neue genau wahrzunehmen, müssen wir es uns daher erst durch Wiederholung des Eindrucks geläufig machen. So ist denn dieser erste Elementarprocess, das Actuellwerden der Gleichheitsverbindung, zur ersten Einleitung einer jeden Association unerlässlich; aber ebenso nothwendig führt er zu dem zweiten, zu der Berührungsverbindung, denn nur durch das Eintreten dieser kann es über-

haupt zu einer Veränderung des gegebenen Eindrucks kommen, mag nun dieselbe in der Umgestaltung des Eindrucks selbst in Folge seiner Assimilationsverbindungen, oder mag sie in einer durch successive Association sich anschließenden Erinnerungsvorstellung bestehen. Die wechselnde Weise, in der die Berührungsverbindungen vor sich gehen, die Verdrängungen bestimmter Vorstellungsbestandtheile durch andere, die in Folge entgegengesetzter Berührungsverbindungen begünstigt sind, geben hinreichend über die ungeheure Veränderlichkeit der Vorstellungen Rechenschaft: dieser Verwicklung der Processe gegenüber würde es in der That geradezu unbegreiflich sein, wenn zwei Vorstellungen, auch wenn sie sich auf einen und denselben Gegenstand beziehen, jemals einander wirklich gleich wären. Aber indem hieraus hervorgeht, dass es in Wirklichkeit eben nur elementare Vorstellungsprocesse und wechselnde, mehr oder weniger fest associirte Verbindungen zwischen denselben gibt, folgt zugleich, dass sich in *einer* Beziehung allerdings die Gleichheitsverbindung wesentlich von der Berührungsverbindung unterscheidet. Diese vollzieht sich zwischen *verschiedenen* Elementarprocessen der nämlichen oder verschiedener Vorstellungen, und man kann daher bei ihr in jeder Beziehung von einer *Verbindung* zwischen verschiedenen Elementen sprechen. Jene dagegen bezieht sich auf *gleiche* Elementarprocesse: wenn ein Empfindungselement einer Vorstellung ein ihr gleiches einer andern erweckt, so bleibt also der qualitative Inhalt der ursprünglichen Vorstellung ungeändert, nur die Intensität jenes Empfindungsbestandtheils und namentlich seine Wirkung auf die Apperception wird verstärkt. Es ist daher klar, dass hier der Ausdruck »Verbindung« mehr eine bildliche Bedeutung hat; er ist nur gewählt, um die gleiche Bedeutsamkeit beider stets coexistirender Vorgänge hervorzuheben. In Wirklichkeit handelt es sich aber bei der Gleichheitsverbindung nicht um eine Verbindung zweier getrennter oder überhaupt trennbarer Vorgänge, sondern um die *Verstärkung* einer Wirkung durch ihr vorangegangene gleiche Wirkungen. Das Verhältniss der Gleichheits- zu den Berührungsverbindungen kann daher auch dahin festgestellt werden, dass durch die ersteren *intensiv*, durch die letzteren *extensiv* die Wirkung eines gegebenen Vorstellungselementes auf das Bewusstsein vergrößert wird. Dass nun jeder zusammengesetzte Associationsvorgang in diesem Sinne mit elementaren Gleichheitsverbindungen anfängt, ob es sich um eine sogenannte Aehnlichkeits- oder um eine Berührungsassociation handeln möge, ist einleuchtend. Irgend eine andere Vorstellung kann ja durch einen gegebenen Eindruck immer nur dadurch erweckt werden, dass gewisse Empfindungsprocesse in beiden übereinstimmen; eben weil dies in Bezug auf einen einzelnen Eindruck für unzählig viele frühere Vorstellungen zutrifft, wird nun aber in jedem einzelnen

Fall von Association nicht eine einzelne, sondern eine Vielzahl von Vorstellungen wieder angeregt, von denen zumeist auch mehrere auf das resultirende Associationsproduct einwirken. Dabei kann dann freilich, namentlich wenn sich der Vorgang zu einer successiven Association gestaltet, in dem Product das Gleichheitselement verschwinden, weil es eben nur der vorbereitenden Stufe des ganzen Vorgangs angehört. So bilden die Buchstaben des Alphabets ein ausgeprägtes Beispiel sogenannter Berührungsassociation; aber der Buchstabe *A* würde den Buchstaben *B* nicht in das Bewusstsein ziehen können, wenn er nicht selbst durch seine Gleichheitsverbindung mit früheren Vorstellungsreihen verstärkt würde. Dass anderseits bei jeder sogenannten Aehnlichkeitsassociation Berührungsverbindungen mitwirken müssen, geht schon daraus hervor, dass die Aehnlichkeit keine Gleichheit ist: wenn das Erinnerungsbild von dem unmittelbaren Eindruck verschieden ist, so rührt dies eben daher, dass sich aus andern früheren Vorstellungen Berührungselemente beimengen, durch die sich die Vorstellung mehr oder minder verändert. Man hat hiergegen eingewandt, es gebe Fälle von Aehnlichkeit, die sich nicht als eine Mischung von Gleichem und Verschiedenem betrachten ließen[1]). Gewiss ist das der Fall; mindestens bieten die einfachen Empfindungen zweifellose Beispiele dieser Art dar. Aber die Analyse solcher Beispiele zeigt deutlich, dass sich jede solche Aehnlichkeitsassociation aus Gleichheit und Berührung zusammensetzen muss, und dabei ist merkwürdiger Weise gerade in diesen Fällen »reiner Aehnlichkeit« die Wirksamkeit der Berührungselemente eine so überwiegende, dass die gewöhnliche Classification sie mit Recht zu den Berührungsassociationen rechnen wird. So sind z. B. Orange und Gelb einander ähnlich, und ich zweifle auch nicht, dass die eine zur andern Farbe gelegentlich associirt werden kann. Aber dass diese Association jemals bloß deshalb geschehen sollte, weil diese Farben einander ähnlich sind, ohne dass irgend einmal das gleichzeitige Sehen beider, z. B. im Spektrum, mitgewirkt hat, das leugne ich allerdings. Denn der wirkliche Vorgang scheint mir, wenn wir ihn psychologisch analysiren, offenbar dieser zu sein: der Eindruck Gelb wird verstärkt durch die gleiche Empfindung in früheren Vorstellungen, unter diesen Vorstellungen finden sich aber zahlreiche, die auch das Orange enthalten. Der Ausdruck Aehnlichkeitsassociation besitzt, so lange man ihn in der gewöhnlichen Weise als einen Classenbegriff betrachtet, der gewisse complicirte Associationswirkungen zusammenfasst, seine gute Berechtigung; er führt aber zu völlig unvollziehbaren Vorstellungen, wenn man ihn auf die Elementarprocesse

1) Höffding, Phil. Stud. VIII, S. 96. Vierteljahrsschr. f. wissensch. Philos. XIV S. 167 ff.

anwenden will, aus denen die Theorie der Associationen jene zusammengesetzten Formen abzuleiten hat.

Die verschiedenen Formen der simultanen und successiven Association fügen sich ohne weiteres den hier entwickelten Gesichtspunkten, wobei der Unterschied zwischen denselben wesentlich nur theils auf der verschiedenen Betheiligung der oben aufgezeigten elementaren Processe theils auf der verschiedenen Geschwindigkeit beruht, mit der sich diese vollziehen, wobei die letztere wieder auf die durch oft wiederholte Function eintretende Erleichterung und die durch entgegenwirkende Associationsmomente bewirkte Erschwerung des Verlaufs zurückzuführen ist. Da ferner die Processe bei den Sinneswahrnehmungen überall aus Associationen bestehen, so bleiben zwischen ihnen und den Erinnerungsvorgängen nur noch secundäre Unterschiede bestehen. Wir können von diesen Unterschieden hier absehen, da sie schon oben bei der Analyse des Erinnerungsactes besprochen worden sind.

Unter den simultanen Associationen ist die bei der ersten Bildung der Sinnesvorstellungen eine so fundamentale Rolle spielende Verschmelzung theils der Assimilation theils der Complication nahe verwandt; ersteres namentlich in der Form der intensiven, letzteres in derjenigen der extensiven Verschmelzung. Uebergänge zu den reproductiven Formen simultaner Association bieten sich überall dar, wo einzelne Elemente der Wahrnehmung nicht direct durch äußere Reize ausgelöst werden, wie z. B. die Bewegungsempfindungen bei ruhendem Auge. Durch die aus den Bedingungen der äußeren Sinneserregung entspringenden Verbindungen aber bilden sich die Anlagen zu associativen Verknüpfungen jeder Art aus. Was zuerst durch die Coincidenz äußerer Erregungen verbunden wurde, bleibt der Seele in dieser Verbindung erhalten. Es treten dann aber weitere Verbindungen hinzu, indem überall zu solchen Anlass gegeben ist, wo irgendwie, sei es direct, sei es durch ein Zusammentreffen reprodutiver Elemente, das sich häufiger wiederholt, die ähnlichen Bedingungen wiederkehren. Die Gleichheits- und die Berührungsverbindungen wirken bei allen Verschmelzungen zusammen. Während die ersteren eine Verbindung neuer Eindrücke mit vorangegangenen möglich machen, sind es die letzteren, die jeder Zusammensetzung der Vorstellungen zu Grunde liegen. Aber beide Elementarprocesse sind hier nothwendig gleichzeitig wirksam, so dass sich auch nur aus den Vorstellungsproducten auf sie zurückschließen lässt.

Diesem Verhalten entspricht auch im allgemeinen noch die Assimilation. Nur entsteht hier für die causale Betrachtung die Nöthigung, die Gleichheitsverbindungen an sich als die vorangehenden, die Berührungswirkungen als die nachfolgenden anzusehen. Beide fließen in der

Vorstellung deshalb zusammen, weil, obgleich eine zeitliche Succession zweifellos existirt, diese doch nicht wahrgenommen werden kann. Dagegen ist eine solche Sonderung der einzelnen Acte bei dem Uebergang in successive Associationen, in einzelnen Fällen wenigstens, deutlich zu bemerken, namentlich dann, wenn bestimmte Eigenschaften eines Gegenstandes oder eines Vorstellungscomplexes, dem jener angehört, bestimmt als die Mittelglieder einer Association aufgefasst werden, wie bei dem mittelbaren Erkennen und Wiedererkennen. Gegenüber der Assimilation überwiegen bei der Complication durchaus die Berührungsverbindungen: zwischen den verbundenen Vorstellungen selbst ist hier an und für sich das Vorkommen gleicher Elemente ausgeschlossen. Gleichwohl können diese bei der Entstehung der Association nicht fehlen; auch hier sind sie es wieder, die in den Fällen, wo der unmittelbare Eindruck die Complication noch nicht enthält, diese durch die Reproduction früherer Verbindungen erwecken. Relativ am deutlichsten sondern sich endlich die verschiedenen Elementarprocesse bei der successiven Association. freilich auch hier nur indirect, insofern das Ueberwiegen der einen oder andern Verbindungsform zu jener Unterscheidung der Associationen in die Formen der inneren und der äußeren Anlass gibt.

Die Associationen sind augenscheinlich Vorgänge, die im Bewusstsein lediglich durch die Wirkung äußerer Erregungen auf einander und auf vorhandene Vorstellungsdispositionen sowie aus den Wechselwirkungen dieser entspringen, ohne dass dabei der centralere Vorgang der Apperception in Frage kommt. Wie jeder Bewusstseinsinhalt, so wirken nun aber auch die Associationsproducte auf die Function der Apperception. und nur dadurch dass dies geschieht, und dass wir uns über die appercipirten Associationen Rechenschaft geben, können wir von diesen Vorgängen überhaupt etwas wissen. Durch die Wirkung auf die Aufmerksamkeit, welche allen innerlich wahrgenommenen und häufig in geringerem Grade wahrscheinlich auch schon den dunkel bleibenden Associationen zukommt, bildet sich nun aber eine weitere subjective Seite der Associationsprocesse aus, die ohne Zweifel niemals ganz fehlt. wenn wir sie auch nur in besonders ausgeprägten Fällen an specifisch unterscheidenden Eigenthümlichkeiten leicht zu erkennen vermögen: das den Associationsvorgang begleitende Gefühl.

Auf der allgemeinen Grundlage des die Association begleitenden Passivitätsgefühls erheben sich hier die für die einzelnen Associationsprocesse charakteristischen speciellen Gefühlsformen, wie das Wiedererkennungs-, das Erkennungs- und das Erinnerungsgefühl. Wenn diese Gefühle, wie wir oben sahen, wesentlich durch Gefühlselemente gekennzeichnet sind, die eigentlich nicht mehr der Association selbst. sondern

den sich an sie anschließenden Aufmerksamkeitsvorgängen angehören, so hat dies offenbar seinen guten Grund darin, dass jene speciellen Associationsformen sämmtlich die Bedingungen zu einer intensiveren Erregung der Aufmerksamkeit in sich tragen. So bieten diese Erscheinungen auch nach der Gefühlsseite hin Beispiele höchst gemischter Bewusstseinszustände, bei denen die psychologische Analyse die der Association angehörenden primären und die in das Gebiet der Apperception fallenden secundären Processe sorgfältig zu unterscheiden hat. Gerade die Gefühle sind hier in dem raschen, aber doch oft deutlich zu verfolgenden Wechsel, den sie darbieten, so zu sagen die feinsten Reagentien auf die Natur des gerade ablaufenden Processes. Dass dem Associationsvorgang als solchem, so lange sich nicht andere Processe aus ihm entwickeln, lediglich jenes Passivitätsgefühl eigen ist, daran kann eben deshalb kein Zweifel sein, weil die Zustände eines rein passiven Spiels der Vorstellungen die ungetrübte Herrschaft der Associationen am deutlichsten darbieten. Allgemein werden wir hiernach sagen dürfen, dass die Rolle, die die Gefühle bei den Associationen spielen, durchaus der allgemeinen Bedeutung entsprechen, die dem Gefühl gegenüber den andern, in Wirklichkeit immer mit ihm verbundenen seelischen Vorgängen zukommt[1]).

Die physiologische Erklärung der Associationen begnügt sich in der Regel mit der Annahme, dass von allen Eindrücken ihnen irgendwie gleichende Spuren im Centralorgan zurückbleiben. Wollte man unter diesen Spuren bloß Nachwirkungen irgend welcher Art verstehen, so wäre gegen den Ausdruck nichts einzuwenden. Aber die »Spur« wird von der bloßen »Disposition« als eine Art der Nachwirkung unterschieden, welche nicht nur die Entstehung gewisser Vorgänge erleichtert, sondern welche selbst einen bleibenden, noch dazu mit dem zu erneuernden Vorgang verwandten Zustand darstellt. Analogien aus dem physiologischen Gebiet werden diesen Unterschied deutlicher hervortreten lassen. In einem Auge, das in blendendes Licht gesehen hat, hinterbleibt eine Nachwirkung des Eindrucks in dem Nachbilde; ein Auge aber, welches häufig räumliche Entfernungen messend vergleicht, gewinnt ein immer schärferes Augenmaß. Das Nachbild ist eine zurückbleibende Spur, das Augenmaß eine functionelle Disposition. Die Netzhaut und die Muskeln des geübten Auges können möglicherweise gerade so beschaffen sein wie die des ungeübten, und doch hat das eine die Disposition in stärkerem Maße als das andere. Man kann nun freilich auch hier sagen, die physiologische Uebung der Organe beruhe weniger auf ihren eigenen Veränderungen als auf den

1) Vgl. namentlich Bd. I, Cap. X, S. 587 ff. und unten Cap. XVIII, 4.

Spuren, welche in ihren Nervencentren zurückgeblieben seien. Alles aber, was wir in der physiologischen Untersuchung des Nervensystems über die Vorgänge der Uebung, Anpassung an gegebene Bedingungen u. dergl. erfahren haben, weist darauf hin, dass auch hier die Spuren wesentlich in functionellen Dispositionen bestehen. Auf einer Leitungsbahn, welche oft in Anspruch genommen wurde, geht die Leitung immer leichter von statten. Nun ist allerdings eine solche functionelle Disposition nicht ohne bleibende Veränderungen denkbar, die als Nachwirkungen der Uebung geblieben sind. Die bleibenden Nachwirkungen dieser Art sind aber etwas von der Function, zu deren Erleichterung sie beitragen, völlig verschiedenes. Die Muskeln schleifen und biegen bei der Bewegung der Glieder die Knochen allmählich gemäß der Wirkung, die sie ausüben, und erleichtern dadurch bestimmte Bewegungen. Aber die Form des Skelets und der Muskeln, die so allmählich durch Uebung herbeigeführt wird, ist von den Bewegungen, zu denen sie die functionelle Disposition bildet, verschieden. Gerade so werden zweifellos auch in den Nerven und in den Centralorganen bei der Einübung bestimmter Bewegungen und Sinnesthätigkeiten bleibende Veränderungen vor sich gehen, die jedoch mit der Function, die dadurch prädisponirt wird, nicht im mindesten direct vergleichbar sind[1]).

Die Uebertragung dieser Gesichtspunkte auf die Associationen, insbesondere auf die reproductiven Formen derselben, liegt um so näher, als es sich bei diesen augenscheinlich um etwas handelt, was mit der physiologischen Uebung ganz und gar übereinstimmt. Gibt man also zu, dass keine Vorstellung ohne begleitende centrale Sinneserregungen stattfindet, so wird man voraussetzen müssen, dass die Einflüsse der physiologischen Uebung, die schon bei den Vorgängen der Leitung, der Reflexerregung u. s. w. eine wichtige Rolle spielen, auch hier in Betracht kommen. Jede Erregung einer centralen Sinnesfläche muss, gemäß den früher erörterten Eigenschaften der Nervensubstanz, eine Diposition zur Erneuerung dieser Erregung zurücklassen. Das Gesetz der Gleichheitsverbindungen bestätigt dies, indem es darauf hinweist, dass in einer complexen centralen Sinneserregung diejenigen Elementarvorgänge verstärkt werden, deren Eintritt durch vorangegangene gleiche Erregungen erleichtert ist. Das Gesetz der Berührungsverbindungen fügt hierzu das physiologische Postulat, dass centrale Sinneserregungen, welche oft mit einander verbunden gewesen sind, sich in dieser Beziehung ganz so wie gleiche Erregungen verhalten. Auf diese Weise entspricht der Gleichheitsverbindung der Vorgang der unmittelbaren Uebung, der Berührungsverbindung der Vorgang der

1) Vgl. oben Cap. XV, S. 264 ff.

Mitübung. Wie die Uebung eines Muskels in einer bestimmten Bewegung die Ausführung derselben Bewegung begünstigt, sobald der nämliche Muskel von neuem in Action tritt, so erleichtert eine Vorstellung das Auftreten einer ihr ähnlichen früheren Vorstellung; und wie ein Glied, dessen Bewegung mit der eines andern eingeübt worden ist, mit dem letzteren von selbst in Mitbewegung geräth, so erregt eine Vorstellung die gewohnheitsmäßig mit ihr verbundene. Es ist klar, dass auch für die physiologische Betrachtung, sobald wir auf die elementaren Processe zurückgehen, nur die Gleichheits- und die Berührungsverbindung verständlich sind, indem sie sich vollständig auf die Principien der Uebung und der Mitübung zurückführen lassen, dass aber auch hier die Ähnlichkeit auf eine Vermischung beider Factoren zurückführt, wie denn überhaupt bei allen wirklichen Uebergangsvorgängen, z. B. bei der Einübung der Bewegungen, directe Uebung und Mitübung sich verbinden. Für die Entwicklung des Bewusstseins sind die physischen Processe, welche die Association begleiten, ebenso unerlässlich wie die äußeren Sinneserregungen. Ohne die Existenz äußerer Sinnesorgane würden keine Vorstellungen entstehen; ohne jene günstige Beschaffenheit der Centralorgane, welche die Wiedererweckung früherer Sinneserregungen möglich macht, würden sich keinerlei Verbindungen zwischen unsern Empfindungen und Vorstellungen bilden können. Zwar fehlen uns, um die besondere Gestaltung der centralen Processe bei den einzelnen Formen der Association zu verfolgen, die erforderlichen physiologischen Vorbedingungen; doch ist klar, dass der Uebersetzung der beobachteten Bewusstseinsvorgänge in physiologische Voraussetzungen auf Grund der bekannten Eigenschaften der Nervencentren keine principiellen Schwierigkeiten entstehen können. Ebenso fügen sich die Beobachtungen über die Associationsgefühle, namentlich in Hinblick auf deren Verhältniss zu den sich anschließenden Apperceptionsgefühlen, durchaus der Hypothese, dass das physiologische Substrat der Gefühle überhaupt in den Erregungsvorgängen des vorauszusetzenden Apperceptionscentrums zu suchen sei[1].

4. Apperceptive Verbindungen.

Die apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen setzen die verschiedenen Formen der Association voraus. Insbesondere müssen durch associative Verschmelzung aus den Empfindungen zusammengesetzte Vorstellungen entstanden sein, und die der Assimilation, Complication und

1) Vgl. Bd. I, Cap. X, S. 590.

successiven Association zu Grunde liegenden Functionen des Bewusstseins müssen fortwährend der Apperception die zu bestimmten Verbindungen geeigneten Vorstellungen bereit halten. Der wesentliche Unterschied der apperceptiven Verbindungen besteht nun darin, dass bei ihnen die Apperception eine active ist, d. h. dass sie subjectiv stets durch ein den Vorgang begleitendes Thätigkeitsgefühl ausgezeichnet ist, und dass sie objectiv nicht eindeutig durch eine associativ gehobene Vorstellung gelenkt wird, sondern, als eine durch die gesammte Entwicklungsgeschichte des Bewusstseins causal bestimmte Function, aus mehreren Associationen diejenigen aussondert, welche den jeweils herrschenden Gesichtspunkten der Beziehung und Vergleichung der Vorstellungen entsprechen. Die Gesetze, welche hierbei zur Geltung kommen, können demnach als die eigentlichen Apperceptionsgesetze angesehen werden.

Indem so die Apperception an einen ihr durch mannigfache Associationen bereit gehaltenen Stoff gebunden ist, ist sie selbst theils eine verbindende theils eine zerlegende Thätigkeit. Beide Arten der Function werden durch das Material der Apperception, durch die mittelst innerer und äußerer Association verbundenen Vorstellungen, ermöglicht. Denn zwischen den associirten Vorstellungen bestehen theils Uebereinstimmungen theils Unterschiede. Die Uebereinstimmung erweckt aber die positive Form der vergleichenden Apperception, die Verbindung, der Unterschied die negative Form, die Zerlegung.

Die Apperception verbindet getrennte Vorstellungen, um aus ihnen neue einheitliche Vorstellungen zu bilden. Den ersten Anlass zu solchen Verbindungen bietet überall die Association dar. Durch Association verbinden wir z. B. die Vorstellungen eines Thurms und einer Kirche. Aber mag uns auch die Coexistenz dieser Vorstellungen noch so geläufig sein, so hilft doch die bloße Association noch nicht zur Vorstellung eines Kirchthurms. Denn diese enthält die beiden constituirenden Vorstellungen nicht mehr in bloß äußerlicher Coexistenz, sondern es ist in ihr die Vorstellung der Kirche zu einer der Vorstellung Thurm anhaftenden, sie näher charakterisirenden Bestimmung geworden. Auf diese Weise bildet die Agglutination der Vorstellungen die erste Stufe apperceptiver Verbindung: unter ihr verstehen wir jene Verknüpfung ursprünglich associativ verbundener Vorstellungen, bei welcher wir uns zwar der Bestandtheile noch deutlich bewusst sind, aber aus denselben eine resultirende Gesammtvorstellung gebildet haben.

In vielen Fällen bleibt jedoch die Verbindung nicht auf dieser Stufe, sondern es verschwinden allmählich die ursprünglichen Elemente aus dem Bewusstsein, und wir sind uns nur noch der resultirenden Vorstellung bewusst: es geht so aus der Agglutination eine Synthese der Vor-

stellungen hervor. Dieser Process ist es, der vor allem in der Bildung der Sprachformen einen objectiven Ausdruck gefunden hat, und der hier von den äußeren Erscheinungen der Contraction und Corruption der Laute begleitet zu sein pflegt. Zwei wichtige psychologische Vorgänge hat dieser Process im Gefolge: die Verdichtung und die Verschiebung der Vorstellungen, welche sich in der Sprache in den Erscheinungen des Bedeutungswechsels der Wörter reflectiren. Ein psychologisch höchst bedeutsames Moment dieser ganzen Entwicklung besteht in dem Zurücktreten und schließlichen Unbewusstwerden bestimmter Bestandtheile einer Gesammtvorstellung: sichtlich steht dasselbe in naher Beziehung zu der Eigenschaft der Apperception, vorwiegend auf eine Vorstellung ihre Thätigkeit zu beschränken (S. 267). Je mehr sich in Folge dessen die resultirende Vorstellung einer Verbindung zur Auffassung drängt, um so leichter wird es geschehen können, dass die Componenten derselben allmählich ganz dem Bewusstsein entschwinden.

In dem Maße aber, als die ursprünglichen Elemente einer durch Synthese entstandenen Vorstellung verloren gehen, pflegen sich zugleich Beziehungen dieser Vorstellung zu andern auf ähnliche Weise entstandenen Vorstellungen zu bilden. Dies geschieht hauptsächlich durch den unten zu schildernden Process der Gedankengliederung, welcher die Vorstellungen zu einander in Beziehung setzt, indem er sie als Theile von Gesammtvorstellungen aussondert, in denen sie in bestimmten Verhältnissen zu einander stehen. Solche in mehr oder minder mannigfaltige Gedankenbeziehungen gebrachte Vorstellungen bezeichnen wir als Begriffe. Indem wir der zum Begriff erhobenen Vorstellung derartige Beziehungen beilegen, sind wir uns bewusst, dass die Vorstellung selbst nicht das ganze Wesen des Begriffs umfasse; sie gestaltet sich daher um so mehr, je reicher jene Beziehungen werden, zu einer Stellvertreterin des Begriffs, dessen eigentliches Wesen für uns eben in jenen Gedankenbeziehungen liegt, welche gar nicht in einer einzelnen Vorstellung erschöpft, sondern höchstens in einer Reihe einzelner Denkacte dargestellt werden können. In der Regel besteht übrigens jenes Bewusstsein der stellvertretenden Bedeutung nicht in bestimmten Vorstellungen, sondern nur in einem die begrifflichen Vorstellungen begleitenden eigenthümlichen Begriffsgefühl. Durch diese Entwicklung fixiren sich endlich Gedankenbeziehungen als solche, ohne eine Unterlage einzelner Vorstellungen, in Begriffen. So entstehen die abstracten Begriffe, die in unserm Bewusstsein nicht mehr durch repräsentative Vorstellungen in ihrer ursprünglichen Bedeutung, sondern nur noch durch vorstellbare Zeichen vertreten sind. Derartige Zeichen sind die Wörter und ihre Schriftzeichen, die auf dem Wege der oben geschilderten apperceptiven Synthese und der sich an sie an-

schließenden Verdichtung und Verschiebung der Vorstellungen ihre ursprüngliche, stets auf eine bestimmte Vorstellung gehende Bedeutung verloren und so die Beschaffenheit willkürlicher Symbole gewonnen haben. Nach seiner associativen Seite ist dieser Process zugleich gekennzeichnet durch den früher (S. 452) geschilderten Wechsel der herrschenden Elemente jener complexen Vorstellungen, welche in unserm Bewusstsein Begriffe vertreten.

An die verbindende schließt sich unmittelbar die zerlegende Wirksamkeit der Apperception an. Sie besteht darin, dass die aus dem Associationsvorrath durch active Apperception gebildeten Vorstellungen wieder in Theile gegliedert werden, wobei übrigens diese Theile keineswegs mit jenen identisch zu sein brauchen, aus denen sich ursprünglich die Vorstellungen zusammensetzten. Zuweilen sind die der Zerlegung unterworfenen Vorstellungen Begriffe: es wird dann schon vor geschehender Zerlegung die Gesammtvorstellung deutlich appercipirt, und wir sind uns demgemäß in solchen Fällen des Uebergangs von der Vorstellung auf ihre Theile deutlich bewusst. Meistens steht jedoch die ursprüngliche Gesammtvorstellung zuerst nur als ein undeutlicher Complex einzelner Vorstellungen vor unserm Bewusstsein; die einzelnen Theile dieses Complexes und die Art ihrer Verbindung treten dann erst bestimmter während der zerlegenden Thätigkeit der Apperception hervor. Es kann so der Schein entstehen, als wenn das Denken erst die Theile zusammensuchte, die es in der successiven Gliederung der Gesammtvorstellung an einander fügt. Nichtsdestoweniger ergibt es sich auch hier schon aus der unten zu erörternden Structur der apperceptiven Verbindungen, dass das Ganze, wenngleich in undeutlicher Form, früher appercipirt werden musste als seine Theile. Nur so erklärt sich auch die bekannte Thatsache, dass wir ein verwickeltes Satzgefüge leicht ohne Störung zu Ende führen können. Dies wäre unmöglich, wenn nicht bei Beginn desselben schon das Ganze vorgestellt würde. Der Vollzug der Urtheilsfunction besteht daher, psychologisch betrachtet, nur darin, dass wir die dunkeln Umrisse des Gesammtbildes successiv deutlicher machen so dass dann am Ende des zusammengesetzten Denkactes auch das Ganze klarer vor unserm Bewusstsein steht. Es kommt hier jene früher (S. 268) berührte Eigenschaft der Apperception zur Geltung, dass sie bald ein größeres Gebiet umfassen, bald sich enger concentriren kann, und dass hiernach auch die Klarheit der appercipirten Vorstellungen wechselt.

Jene Eigenschaft der Apperception endlich, wonach sie in einem gegebenen Zeitmoment nur eine einzige Handlung zu vollführen pflegt, findet ihren Ausdruck in dem Gesetz der Zweitheilung, nach welchem stets die apperceptive Gliederung der Vorstellungen geschieht. In den

Kategorien der grammatischen Syntax, Subject und Prädicat, Nomen und Attribut, Verbum und Object u. s. w., hat sich dieses Gesetz deutlich ausgeprägt, und scheinbare Ausnahmen von demselben kommen nur insoweit vor, als sich zu den apperceptiven associative Verbindungen hinzugesellen. Dieses Gesetz der Dualität, welches die logischen Denkprocesse beherrscht, stammt so schließlich aus der nämlichen Quelle, wie die Ausbildung herrschender Elemente in den associativen Verschmelzungen und Complicationen [1]).

Da die passive Apperception der activen vorangeht, so wird auch eine Entwicklung der apperceptiven aus den associativen Verbindungen der Vorstellungen anzunehmen sein. In der That wurde schon oben bemerkt, dass die Associationsgesetze die Keime zu den logischen Denkverbindungen enthalten, insofern die associativen Beziehungen der Vorstellungen die Möglichkeit in sich tragen, in logische Beziehungen sich umzuwandeln. Dieser Charakter kann ihnen nicht erst durch die Apperception aufgeprägt sein, da ja die Association die Vorstellungen nur in diejenigen Verbindungen bringt, in die sie vermöge ihrer eigenen Beschaffenheit, unbeeinflusst von jeder inneren Willensthätigkeit, sich ordnen. Deshalb können auch die verschiedenen Formen der inneren Association nur Beziehungsformen darstellen, welche den Vorstellungen nach ihrem objectiven Charakter zukommen. Mit Rücksicht auf den letzteren sind aber die Vorstellungen Bilder eines objectiven Seins und Geschehens, — Bilder, die von der Wirklichkeit, welche sie darstellen, beliebig entfernt sein mögen, bei denen wir aber eine Correspondenz mit dieser Wirklichkeit schon deshalb voraussetzen müssen, weil ohne diese Annahme der Begriff der Wirklichkeit überhaupt imaginär würde. Auf die Frage, woher die Associationen jenen logischen Charakter nehmen, durch den sie das eigentliche Denken vorbereiten und schließlich allein möglich machen, lautet daher die Antwort: von den vorgestellten Dingen selber, die, indem sie dem Denken den Stoff zu seiner Thätigkeit liefern, auch in ihren eigenen Beziehungen bereits jenen Gedankenbeziehungen entsprechen müssen, welche die Apperception herstellt. Diese Correspondenz ist aber nicht etwa ein bloß äußerer Parallelismus zweier sonst aus einander fallender Daseinsformen. Die Wirklichkeit ist uns schließlich nur gegeben in unsern Vorstellungen. Diese treten vermöge ihrer eigenen Beschaffenheit in jene Verbindungen, welche in den Associationsformen

---

1) Siehe oben S. 438 ff. Rücksichtlich der näheren Schilderung der apperceptiven Verbindungen verweise ich hier auf die Darstellung in meiner Logik (I, 2. Aufl. S. 31—78), woselbst namentlich auch die einzelnen Formen simultaner und successiver Verbindung an Beispielen erläutert sind. Vgl. außerdem meine Vorlesungen über die Menschen und Thierseele, 2. Aufl., S. 334 ff.

ihren Ausdruck finden, und in diesen Verbindungen werden sie appercipirt. Aber indem sich von je einer Vorstellung aus mehrfache Beziehungen zu andern Vorstellungen entwickeln, kann im Bewusstsein ein Widerstreit zahlreicher Associationen als eine specielle Form des bei den Willenshandlungen (Cap. XX) näher zu betrachtenden Kampfes der Motive entstehen. An die Stelle der ursprünglich eindeutig bestimmten Willenshandlung tritt so die innere Wahlhandlung, d. h. im vorliegenden Falle das beziehende und vergleichende Denken. Nun handelt es sich nicht mehr bloß darum, dass die verbundenen Vorstellungen überhaupt innere Beziehungen besitzen, sondern dass sie in denjenigen Beziehungen stehen, welche der Zusammenhang des Denkprocesses erfordert. Darum steht die Ausbildung des apperceptiven Vorstellungsverlaufes in der innigsten Verbindung mit der Bildung jener Gesammtvorstellungen, welche, indem sie den ganzen Inhalt eines Denkprocesses anticipiren, diesem die Richtung anweisen, in der die Gliederung in einzelne Vorstellungen zu erfolgen hat. In der Ausbildung dieses Processes können wir zwei Entwicklungsstufen unterscheiden, die dann aber zugleich fortwährend als in einander eingreifende, an jeder einzelnen geistigen Leistung in wechselndem Maße gleichzeitig betheiligte Factoren neben einander bestehen bleiben. Auf der ersten dieser Stufen sind die Gesammtvorstellungen, von denen der Gedankenprocess ausgeht, Zusammenfassungen von Einzelvorstellungen, die nach bestimmten Zweckmotiven entstanden sind und gegliedert werden. Diese in der planmäßigen Nachbildung und Neuerzeugung concreter Wahrnehmungsinhalte sich äußernde Form des Denkens nennen wir Phantasiethätigkeit. Ihr tritt allmählich in immer mehr vorherrschendem Maße eine zweite zur Seite, bei der die Theile der Gesammtvorstellung eine repräsentative Bedeutung gewinnen, indem nicht auf sie selbst, sondern auf die Beziehungen und Verhältnisse, in denen sie zu andern Bestandtheilen der Gedankenerzeugnisse stehen, der Hauptwerth gelegt wird. Auf diese Weise entsteht jene begriffliche Form des Denkens, die wir als Verstandesthätigkeit bezeichnen. Die nähere Analyse dieser beiden Gestaltungen des Gedankenprocesses ist nicht mehr Aufgabe der Psychologie, sondern theils der Aesthetik theils der Logik. Auf die eigenthümlichen Formen der diese Processe begleitenden Gefühle aber werden wir unten, bei der Schilderung der zusammengesetzten Gemüthsbewegungen, zurückkommen [1]).

Natürlich kann bei den apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen an eine Nachweisung der speciellen physischen Begleitschei-

1) Vgl. Cap. XVIII, 4.

nungen nicht einmal mehr in demjenigen Sinne gedacht werden, in dem sich beispielsweise bei den Associationen auf die aus zahlreichen andern physiologischen Vorgängen wohl bekannten Einflüsse der Uebung und Mitübung hinweisen ließ. Gleichwohl wird sich die Aufgabe nicht abweisen lassen, im allgemeinen zu zeigen, wie auch die höchsten Formen intellectueller Vorgänge an sich keinen Widerspruch gegen die Voraussetzung eines durchgängigen psychophysischen Parallelismus enthalten, und in welcher Richtung die bisher über die physischen Grundlagen der Apperception gemachten Annahmen geeignet sind, wenigstens ein allgemeines Verständniss der physischen Seite der intellectuellen Processe zu eröffnen, wobei übrigens alle hier etwa anzunehmenden physiologischen Vorgänge natürlich gar nichts über den geistigen Werth der einzelnen intellectuellen Leistungen aussagen [1]). Dies vorausgesetzt dürfte nun bei jeder Art intellectueller Leistung vor allen Dingen auf die Hemmungswirkungen des Apperceptionscentrums gegenüber den niederen Sinnescentren ein entscheidender Werth zu legen sein. Das Grundphänomen aller intellectuellen Leistungen ist die so genannte Concentration der Aufmerksamkeit. Dass wir bei der psychologischen Beurtheilung dieses Phänomens zunächst und daher wohl meist zu ausschließlich auf die positive Seite desselben, auf die Festhaltung und Verdeutlichung gewisser Vorstellungen, Werth legen, ist begreiflich. Aber für die physiologische Beurtheilung ist offenbar die negative Seite, die Hemmung des Zuflusses jeder andern störenden Erregung, die sich ja auch psychisch in bekannten Symptomen verräth, vor allem bedeutsam. Physiologisch ist, wie schon bemerkt, diese Hemmung als eine von bestimmten Erregungen, die zugleich für das Apperceptionscentrum die Bedeutung von Signalreizen haben, ausgelöste Innervation zu deuten (vgl. S. 275 f.). Bei den intellectuellen Vorgängen ist sie nur dadurch vor andern Fällen ausgezeichnet, dass sie lange Zeit in gleicher Richtung andauert, so zwar dass bestimmten, mit den zunächst appercipirten in gewissen Beziehungen stehenden Vorstellungen der Zugang zur Apperception frei bleibt, andern verschlossen ist. Diese wichtige Eigenschaft des Apperceptionsorgans kann natürlich nicht aus dem momentanen Zustand desselben, und sie kann ebensowenig aus den unmittelbar oder in absehbarer Zeit vorausgegangenen actuellen Erregungsvorgängen vollständig abgeleitet werden, sondern es lässt sich von ihr nur sagen, dass sie jedesmal das Resultat der ganzen auf eine unbegrenzte Causalreihe zurückführenden Anlage und Entwicklung sei. In dieser causalen Disposition durch vorangegangene und schließlich ins unbegrenzte zurückreichende Vorgänge liegt eben nicht bloß die Möglich-

1) Vgl. Cap. XX, 2.

keit, neue Processe auf Grund früherer zu bilden, sondern es ist davon auch die jedesmalige Stärke und Vertheilung jener Hemmungswirkungen abhängig, die die actuellen Erregungen in bestimmte Richtungen einschränken. In der Ausbildung solcher, während einer gewissen Zeit relativ constant bleibenden Hemmungsrichtungen im Apperceptionscentrum wird man demnach wohl die physische Grundlage zur Entwicklung der für die intellectuellen Functionen charakteristischen Gesammtvorstellungen in der einheitlichen Function jenes Centrums aber die Grundlage der Einheit des Denkens überhaupt und der damit zusammenhängenden Eigenschaften der Gedankenprocesse erblicken können.

Die Frage nach dem Verhältniss der intellectuellen Functionen zu den Associationen der Vorstellungen bildet eines der schwierigsten Probleme der Psychologie. Einen maßgebenden Einfluss hat hier auch in Deutschland in neuerer Zeit die an John Locke sich anschließende englische Psychologie, namentlich in der Richtung der so genannten Associationspsychologie ausgeübt. Diese von David Hartley[1]) und David Hume[2]) begründete Richtung zählt noch hervorragende Psychologen der jüngsten Vergangenheit und der Gegenwart, wie James Mill[3]), Herbert Spencer[4]), Alexander Bain[5]), H. Höffding[6]) u. A. zu ihren Vertretern[7]). Es ist die Ansicht dieser Forscher, dass alle geistigen Processe aus den Associationen abgeleitet werden können, wobei sie zugleich hauptsächlich auf die früher allein berücksichtigte Form der successiven Association Werth legen. Hierbei wird, wie ich glaube, die Bedeutung, welche die Association als Grundlage aller höheren Bewusstseinsprocesse besitzt, mit Recht gewürdigt, doch sie wird insofern überschätzt, als man die intellectuellen Processe vollständig aus den Associationen glaubt ableiten zu können und auf die specifischen Unterschiede derselben, namentlich aber auf die wesentlichen Unterschiede des apperceptiven gegenüber dem associativen Vorstellungsverlauf gar keine Rücksicht nimmt[8]).

---

1) David Hartley, De l'homme et de ses facultés. Trad. par Ricard. Paris 1802.
2) Vergl. bes. dessen Treatise on human nature, I, 1.
3) James Mill, Analysis of the phenomena of the human mind. New edit. 1869. Vol. I.
4) H. Spencer, Psychologie, deutsch von Vetter. Bd. II, Theil VI, Cap. XIX ff.
5) A. Bain, The senses and the intellect, Cap. II—IV.
6) H. Höffding, Psychologie. 2. Aufl. Cap. V. Leipzig 1893.
7) Ueber die neuere englische Psychologie überhaupt vgl. Th. Ribot, La psychologie anglaise contemporaine. 2me édit. Paris 1875.
8) A. Bain hat meine Theorie der Apperception einer Kritik unterzogen (Mind, Apr. 1887, p. 161 ff.), in welcher er bemerkt, auch von der englischen Psychologie sei stets eine Controle der Associationen durch die Gefühle und durch den Willen angenommen worden. Im Grunde stimme also der thatsächliche Inhalt meiner Theorie lediglich mit dem überein, was die englische Psychologie schon längst lehre. Aber ich habe nirgends bei einem der englischen Psychologen, deren Verdienste ich übrigens vollkommen anerkenne, irgend etwas gefunden, was einer Hervorhebung der Eigenthümlichkeiten der Apperception gegenüber den associativen Verbindungen der Vorstellungen gleichkäme. Mit einer unbestimmten Hervorhebung des Gefühls- und Willenseinflusses auf das Denken oder des »Interesses«, der größeren »Genauigkeit« und »Uebung« in der Auffassung von Aehnlichkeiten (vgl. Höffding a. a. O. S. 238) ist dem

In Deutschland begnügte sich die WOLFF'sche Vermögenstheorie mit ihrer Spaltung der Erkenntnisskräfte in Sinnlichkeit und Verstand im allgemeinen mit der Trennung dieser beiden Gebiete, ohne über deren Beziehungen zureichende Rechenschaft zu geben. Auch der Versuch KANT's [1]), der productiven Einbildungskraft eine vermittelnde Function zwischen den sinnlichen und den intellectuellen Thätigkeiten anzuweisen, ein Versuch, welcher an die Rolle der Phantasie in der Aristotelischen Psychologie [2]) erinnert, blieb unfruchtbar, weil er selbst in den Anschauungen der Vermögenstheorie wurzelte und überdies nicht von psychologischen sondern ausschließlich von erkenntnisstheoretischen Gesichtspunkten ausging. Beide Umstände brachten es mit sich, dass hier dem inneren Zusammenhang sich stetig aus einander entwickelnder Erscheinungen ein künstlicher und vielfach gezwungener logischer Schematismus substituirt wurde, dem die englische Associationspsychologie, so ungenügend sie sich auch durch ihre Beschränkung auf die vorbereitenden Stadien der intellectuellen Vorgänge erwies, immerhin an psychologischem Erklärungswerth weit überlegen war.

Diejenigen Richtungen der neueren Psychologie, welche die Vermögenstheorie der WOLFF'schen Schule beseitigen, sind zwar weit mehr als in England von speculativen Voraussetzungen ausgegangen; sie theilen aber mit der dortigen Associationspsychologie das Streben nach Unification der Erscheinungen. Indem sich diese beiden Tendenzen vereinigten, suchte man dann zumeist den Verlauf der Vorstellungen aus weiter zurückliegenden Processen abzuleiten, die nicht direct beobachtet, sondern hypothetisch angenommen wurden. Das Ergebniss ist dann freilich ein ähnliches wie bei den Associationstheorien, insofern die fundamentalen Unterschiede, die in der innern Wahrnehmung und in den objectiven Erzeugnissen der Processe sich darbieten, außer Betracht bleiben. Am meisten Einfluss unter diesen Hypothesen haben diejenigen von HERBART und BENEKE gefunden, die in manchen Beziehungen einander verwandt sind.

Die metaphysischen Voraussetzungen, auf die HERBART's Mechanik der Vorstellungen gegründet ist, können wir hier nur kurz berühren [3]). Die Vorstellung ist nach HERBART Selbsterhaltung der Seele gegen die störende Einwirkung anderer störender Wesen. Die einmal entstandene Vorstellung soll nun, als Thätigkeit des Vorstellens, unvermindert beharren, aber der Effect dieser Thätigkeit, das vorgestellte Bild, soll geschwächt oder auch ganz aufgehoben werden, indem sich die wirkliche Vorstellung in ein S t r e b e n v o r z u s t e l l e n verwandelt. Solches geschieht dann, wenn entgegengesetzte Vorstellungen gleichzeitig vorgestellt werden sollen. Das Bewusstsein ist die Summe

wie ich meine, hier ebenso wenig gewonnen wie mit den verschiedenen Geistesvermögen der WOLFF'schen Psychologie. Wohl aber wird durch jene Ausdrücke eigentlich anerkannt, dass zur Erklärung der intellectuellen Processe noch andere Factoren als die Association erforderlich sind. In der That habe ich daher, wie ich glaube, abgesehen davon, dass ich die Aufmerksamkeit auf einige gewöhnlich übersehene Erscheinungen lenkte, lediglich eine genauere psychologische Analyse jener von der Associationspsychologie harmlos recipirten Vulgärbegriffe zu geben gesucht.

1) Kritik der reinen Vernunft: Deduction der reinen Verstandesbegriffe, 2. und 3. Abschnitt.

2) ARISTOTELES, De anima, III, 3.

3) HERBART, Psychologie als Wissenschaft, § 36, § 41 f. (Werke, V.) Man vgl. dazu dessen Lehrbuch zur Psychologie, Cap. II u. f. (ebend.) und Hauptpunkte der Metaphysik, § 13 (III, S. 41).

des gleichzeitigen wirklichen Vorstellens. Die Vorstellungen entschwinden aus dem Bewusstsein, indem entgegengesetzte Vorstellungen eine Hemmung auf einander ausüben, und sie treten wieder in das Bewusstsein, wenn die Hemmung aufhört. Bis hierhin lassen sich diese Sätze als zwar bestreitbare, aber immerhin mögliche Hypothesen ansehen, mit deren Hülfe der Versuch gemacht werden könnte, das Schauspiel des Verlaufs der Vorstellungen zu erklären. Herbart fügt ihnen dann noch die weitere Annahme hinzu, dass disparate Vorstellungen sich nicht hemmen, sondern eine Complication einfacher Vorstellungen bilden und dass von den Vorstellungen desselben Sinnes die gleichartigen Bestandtheile sich nicht hemmen, sondern mit einander verschmelzen. Von diesen Annahmen aus ergibt sich nun die naheliegende Voraussetzung, bei gleichen Gegensätzen verschiedener Vorstellungen seien die Hemmungen, die sie erfahren, ihren Intensitäten umgekehrt proportional, und bei gleichen Intensitäten sei die Hemmung jeder einzelnen Vorstellung der Summe der Gegensätze, in denen sie sich zu den andern Vorstellungen befindet, direct proportional. Sind also, wie der gewöhnliche Fall sein wird, sowohl die Intensitäten wie die Gegensätze ungleich, so wird die Abhängigkeit eine zusammengesetzte sein. Drei Vorstellungen von der Stärke a, b, c werden z. B. in den Verhältnissen $\frac{m+p}{a}$, $\frac{m+n}{b}$, $\frac{n+p}{c}$ gehemmt werden, wenn der Gegensatz von a und $b = m$, von a und $c = p$, von b und $c = n$ ist. Durch diese Feststellung des Hemmungsverhältnisses ist aber noch kein Aufschluss über das Verhalten der Vorstellungen im Bewusstsein gewonnen; zu diesem Zweck müsste man offenbar nicht bloß das Hemmungsverhältniss, sondern die absolute Intensität des Vorstellens kennen, welche nach geschehener Hemmung übrig bleibt. Wir kennen diese absolute Intensität nicht. So hilft sich denn Herbart mit einer Hypothese. Er nimmt an, die absolute Summe der Hemmungen sei möglichst klein, was dann stattfinde, wenn nicht alle Vorstellungen gegen alle, sondern alle gegen eine, und zwar gegen diejenige, der die kleinste Summe von Gegensätzen gegenüberstehe, sich richten. Diese Annahme ist nun nicht nur willkürlich, sondern auch so unwahrscheinlich wie möglich. Wenn zu zwei Vorstellungen a und b, die in starkem Gegensatze stehen, eine dritte c von minderem Gegensatze hinzutritt, so sollen plötzlich a und b einander loslassen, um sich beide auf die ihnen verwandtere c zu werfen, ähnlich wie zwei erbitterte Gegner über irgend einen unschuldigen Dritten herfallen, der sich beikommen lässt, zwischen ihnen vermitteln zu wollen. Der einzige Grund für diese Behauptung ist der in verschiedenen Wendungen wiederkehrende teleologische Gedanke: da alle Vorstellungen der Hemmung entgegenstrebten, so würden sie sich zweckmäßiger Weise wohl mit der kleinsten Hemmungssumme begnügen, worauf die Frage nahe liegt, warum sie denn nicht lieber diese unzweckmäßige Thätigkeit ganz einstellen. Gehört es zum Wesen der entgegengesetzten Vorstellungen sich zu hemmen, so kann die Hemmungssumme zwischen a und b durch den Hinzutritt einer dritten Vorstellung c nur insoweit alterirt werden, als diese dritte Vorstellung selbst wieder a und b hemmt und von ihnen gehemmt wird, ähnlich wie die Attractionskraft zweier Körper durch einen dritten in ihrer Wirkung complicirt, aber nimmermehr aufgehoben wird. Die übrigen Voraussetzungen Herbart's, wie sein dynamisches Gesetz, dass die Hemmungen, welche die Vorstellungen in jedem Augenblick erleiden, der Summe des noch zu Hemmenden

proportional seien, und die Annahme, dass die Vorstellungen durch die Reste, durch welche sie mit einander verschmolzen sind, eine gegenseitige Hülfe empfangen, welche dem Product der Verschmelzungsreste direct, der Intensität jeder einzelnen Vorstellung aber umgekehrt proportional sei, diese Annahmen könnten an und für sich als mehr oder weniger plausible Hypothesen gelten, wenn nicht, sobald jenes Axiom von der kleinsten Hemmungssumme hinfällig wird, dem ganzen Gebäude der Boden entzogen wäre.

Es könnte jedoch immerhin, auch wenn man den Versuch einer mathematischen Deduction preisgibt, dem Hauptgedanken derselben eine gewisse Wahrheit zukommen, dass nämlich alle Thatsachen der innern Beobachtung auf einer Wechselwirkung der Vorstellungen beruhen, welche lediglich durch den Gegensatz oder die Verwandtschaft derselben bedingt ist. Nun tragen aber die Erklärungen, welche Herbart von den Grundthatsachen des Bewusstseins gibt, durchweg den Charakter zufällig entdeckter Aehnlichkeiten der innern Erfahrungen mit den Resultaten, die er auf mathematischem Wege auffindet. Die Spannungen, welche die Vorstellungen bei ihrer Wechselwirkung im Bewusstsein erfahren, nennt er Gefühle, weil wir bei manchen Gefühlen uns beklemmt oder erleichtert finden; das Aufstreben einer Vorstellung wird ihm zum Begehren, weil auch wir in diesem Seelenzustande irgend etwas erstreben; endlich in der Verschmelzung einer Vorstellungsmasse mit einer andern oder, wie in diesem Fall, um auf das gewünschte Resultat vorzubereiten, gesagt wird, in der A n e i g n u n g der einen Masse durch die andere, soll das Wesen der Apperception bestehen, weil bei dieser bekanntlich wir die Vorstellungen uns aneignen. So löst denn bei Herbart alles innere Geschehen in Verhältnisse der Vorstellungen zu einander sich auf. Was wir sonst selbst zu thun und zu leiden glauben, das thun und leiden bei ihm die Vorstellungen. Der Grundirrthum dieser Psychologie liegt in ihrem Begriff der Apperception. Hat man einmal zugegeben, dass aus der Verschmelzung der Vorstellungsmassen ein Selbstbewusstsein entstehen kann, so lässt sich auch nicht mehr erhebliches dagegen einwenden, dass wir die Spannung und das Aufstreben der Vorstellungen als Fühlen und Begehren empfinden. Die entscheidende Wichtigkeit, welche der spontanen Thätigkeit des Vorstellenden bei der Apperception zukommt, ist hier ganz und gar übersehen. So wird denn alles was ihre Wirkung ist bei Herbart in jene Wechselwirkungen der Vorstellungen verlegt, welche doch in Wahrheit nur dieselbe Bedeutung haben wie die äußern Sinneseindrücke, indem sie eine psycho-physische Grundlage des geistigen Geschehens, nicht aber dieses selbst sind. Wenn man die Anschaulichkeit gerühmt hat, mit der Herbart das Steigen und Sinken der Vorstellungen in uns schildert, so besteht diese bloß darin, dass er eben überhaupt eine Bewegung schildert. Ob aber die letztere mit dem wirklichen Steigen und Sinken unserer Vorstellungen übereinstimme, dafür fehlt es überall an einem Beweise. Im Gegentheil, wo es je einmal gelingt an diese Fictionen den Maßstab exacter Beobachtung anzulegen, da widerstreiten sie derselben. So kennt jene Theorie nur eine Hemmung zwischen gleichartigen Vorstellungen. Die Untersuchung zeigt aber zweifellos, dass auch disparate Vorstellungen sich hemmen können[1]). Dieses Factum weist eben darauf hin, dass die sogenannte Hemmung der Vorstellungen nicht in den Vorstellungen selbst sondern in der Thätigkeit der Apperception ihren Grund

1) Vgl. oben S. 354.

hat. Treffend sagt Herbart von seiner Psychologie, sie construire den Geist aus Vorstellungsreihen, ähnlich wie die Physiologie den Leib aus Fibern[1]. In der That, so wenig es jemals gelingen wird, aus der Reizbarkeit der Nervenfasern die physiologischen Functionen zu erklären, so fruchtlos ist das Unternehmen aus dem Drücken und Stoßen der Vorstellungen die innere Erfahrung abzuleiten. Die Nerven- und Muskelfasern und Drüsenzellen bedürfen des Zusammenhalts durch centrale Gebilde, von denen aus sie regiert werden. Die Vorstellungen aber stehen unter der Herrschaft der Apperception.

Ein weiterer bemerkenswerther Versuch, die Reproduction und Association zum Ausgangspunkt einer zusammenhängenden psychologischen Theorie zu machen, rührt von Beneke her, einem Philosophen, den die unmittelbaren Resultate der Selbstbeobachtung in der ganzen Richtung seines Denkens bestimmt haben[2]. Alles Vorstellen setzt sich ihm aus der Aeußerung ursprünglicher Seelenkräfte, sogenannter Urvermögen, und aus der Einwirkung von Reizen zusammen. Das Urvermögen ist ein Streben, welches durch die Begegnung mit dem Reize zur wirklichen Vorstellung wird. Jede einzelne Vorstellung geht wie sie einen neuen Reiz voraussetzt, so auch aus einem neuen Urvermögen hervor. Die Vorstellungen verschwinden nur scheinbar aus dem Bewusstsein. Sie dauern in ihrer Zusammensetzung aus Vermögen und Reiz fort. Aber einzelne Elemente des Reizes sind an das Vermögen weniger fest gebunden und werden darum leicht an andere, fremde Elemente abgegeben. So entstehen die unbewussten Vorstellungen oder Spuren. Jede Spur strebt nach ihrer Wiederausfüllung, also zum Wiederbewusstwerden. Auch von dem Abfließen der beweglichen Elemente des Reizes bleiben aber Spuren zurück: so entsteht ein Streben nach Reproduction gewisser Gruppen von Vorstellungen, die Association. Jene abfließenden Reizelemente verbinden sich endlich immer mit verwandten Gebilden: die Association findet daher statt zwischen verwandten Vorstellungen. Zur Reproduction ist erforderlich, dass die Reizelemente, welche die Vorstellungen beim Unbewusstwerden verloren haben, ihnen wieder zufließen. Solches kann aber geschehen, indem entweder bewegliche Reizelemente ähnlicher Art übertragen werden, wie bei der Reproduction durch associirte Vorstellungen, oder indem neue Urvermögen gebildet werden, welche von den immer in der Seele vorhandenen beweglichen Reizelementen an sich heranziehen: so bei der spontanen Reproduction. Gefühle entstehen endlich nach Beneke's Annahme durch das Verhältniss der Urvermögen zur Stärke der sie ausfüllenden Reize, sowie durch die Art des Abflusses der Reizelemente vom einen Gebilde auf das andere.

Beneke's Theorie geht von der Erfahrung aus, dass bei der ersten Bildung unserer Vorstellungen äußere Reize und gewisse denselben gegenüberstehende subjective Eigenschaften, sogenannte »Urvermögen«, wirksam sind. Dieser Gedanke wird nun festgehalten. Der Vorstellung bleibt ihre Zusammensetzung aus Reiz und subjectiver Reizempfänglichkeit. So wird dieselbe ganz willkürlich in zwei Bestandtheile geschieden, die lediglich der ersten Gelegenheitsursache ihrer Entstehung entnommen sind, und von denen an ihr selbst gar nichts zu bemerken ist. Wenn Beneke die innere Erfahrung als die alle-

---

1) Herbart's Werke, V, S. 192.

2) Beneke, Psychologische Skizzen, II, Göttingen 1827. Lehrbuch der Psychol. Cap. I.

zuverlässige preist, nach welcher vielmehr die äußere Erfahrung beurtheilt werden müsse, statt umgekehrt, so fehlt er hier selbst gegen diese Regel, denn der Begriff des Reizes ist ja lediglich der äußern Erfahrung entnommen. Die Trennung der physischen und der psychischen Bedingungen bei der Bildung der Sinneswahrnehmung ist in die innere Wechselwirkung der Vorstellungen herübergeholt, indem auch der Reiz zu einem psychischen Gebilde gestempelt wird. Der so umgestaltete Reizbegriff wird dann in einer durchaus der Klarheit ermangelnden Weise aus Elementen zusammengesetzt gedacht, und die Hypothese eingeführt, dass gleichartige Elemente sich anziehen, eine Hypothese, welche die Association der Vorstellungen erklären soll, der sie augenscheinlich entnommen ist. Aber nicht bloß die Reizelemente ziehen einander an, sondern diese werden auch von den Urvermögen angezogen, eine Eigenschaft, welche ebensowohl bei der Bildung neuer Wahrnehmungen wie bei der spontanen Reproduction zum Vorschein kommt. Endlich wird, nachdem anfangs die Spur als das nicht mehr vollständig von Reizen ausgefüllte Urvermögen definirt worden, auch dem Process des Abfließens der Reizelemente die Eigenschaft zugesprochen eine Spur zurückzulassen. So wird keiner der Begriffe in seiner ursprünglich aufgestellten Bedeutung festgehalten. Aber auch von den Ursachen der Bewegung der Vorstellungen wird keine Rechenschaft gegeben. Warum hält das Urvermögen seine Reizelemente nicht fest? Oder warum, wenn dies durch das Nachwachsen neuer Urvermögen gehindert wird, fließen nicht gelegentlich alle Reizelemente ab? Hier fehlt überall die mathematische Bestimmtheit, welche HERBART's Darstellung auszeichnet, und welche bei ihm den willkürlichen Hypothesen wenigstens zu einer consequenten Durchführung verhilft. Die Ansicht BENEKE's von dem Bewusstsein ist ebenso ungenügend wie die HERBART's. Die bewusste Vorstellung ist ihm von der unbewussten nur dem Grade nach verschieden, alle einmal erzeugten Vorstellungen bleiben wirklich vorhanden und verändern sich nur in ihrer Stärke. Ein besonderer Vorgang der Apperception existirt für diese Auffassung überhaupt nicht.

5. Geistige Anlagen.

Durch die Namen Gedächtniss, Phantasie und Verstand bezeichnet die Sprache bestimmte Richtungen der geistigen Thätigkeit, welche mit den Gesetzen der Vorstellungsverbindung in naher Beziehung stehen. So irrig es ist, wenn man jene Begriffe auf psychische Vermögen oder Kräfte specifischer Art bezieht, so bleibt denselben dennoch insofern eine gewisse Bedeutung gewahrt, als sie es uns gestatten, verwickelte Ergebnisse der Associationen und der activen Apperception in einem kurzen Ausdruck zusammenzufassen. Besonders aber erleichtern sie den Ueberblick über die mannigfaltigen individuellen Unterschiede der geistigen Anlage, deren Classification eine wichtige Aufgabe der descriptiven Psychologie ist.

Unter jenen drei Eigenschaften ist das Gedächtniss, die allgemeine Fähigkeit der Erneuerung der Vorstellungen, die Vorbedingung für alle

andern. Da jede Reproduction einerseits eine centrale Sinneserregung. anderseits Bewusstsein voraussetzt, so hat auch das Gedächtniss eine physische und eine psychische Seite. In physischer Beziehung ist der Grund desselben in jenen Veränderungen der Reizbarkeit zu suchen, welche den Wiedereintritt einmal vorhanden gewesener Erregungsvorgänge erleichtern und auf diese Weise die Erscheinungen der Uebung herbeiführen[1]. Von diesem Gesichtspunkte aus hat man das Gedächtniss geradezu als eine Function des Gehirns oder selbst als eine allgemeine Eigenschaft der Materie bezeichnet[2]). Aber da wir doch nicht jede derartige Einübung dem Begriff des Gedächtnisses im psychologischen Sinne zurechnen, sondern den letzteren nur mit Rücksicht auf den Wiedereintritt von bewussten Functionen statuiren, so ist nicht zu übersehen, dass sich eben auch durch die Betheiligung des Bewusstseins das Gedächtniss von andern Formen der Einübung unterscheidet. Wie wir überhaupt die Verbindung der Empfindungen und Vorstellungen als eine Bedingung des Bewusstseins erkannten, so kommt diese verbindende Thätigkeit auch gegenüber den reproducirten Vorstellungen zur Geltung. Alle Reproduction geht von den Vorstellungen aus, die sich jeweils im Bewusstsein befinden, und das Vorhandensein der unbewussten Dispositionen lässt die Vorstellungen nicht wieder lebendig werden, wenn in dem Bewusstsein selbst nicht die erforderlichen Bedingungen für die Anknüpfung von Associationen vorhanden sind. In einzelnen Fällen mögen die letzteren unserer Wahrnehmung entgehen; dass sie allein die entscheidenden Motive für die Erneuerung der Vorstellungen abgeben, kann aber um so weniger zweifelhaft sein, als selbst in jenen Fällen scheinbar unvermittelter Verknüpfung oft genug eine genauere Nachfrage das associative Band nachträglich auffindet. Wenn wir also nicht annehmen wollen, dass das innere Geschehen gelegentlich causalitätslos sei, so werden wir nicht umhin können die von actuellen Vorstellungen ausgehende associative Wirkung als den eigentlichen Grund der Reproduction anzusehen. Die unbewusst vorhandenen Dispositionen und der Grad ihrer Einübung sind nur dafür bestimmend, welche Vorstellungen überhaupt in das Bewusstsein eintreten können; der wirkliche Eintritt einer gegebenen Vorstellung aber wird stets durch den Zustand des Bewusstseins selber veranlasst. Hieraus geht hervor, dass es unrichtig ist, wenn man alle Verbindungen der Vorstellungen auf die unbewussten Dispositionen der Seele und des Gehirns zurückführt und erst die fertigen Verbindungen in das Bewusstsein eintreten lässt[3]. Auch hier wird im

1) Vgl. I, S. 236, 279.
2) Hering, Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organischen Materie. 2. Aufl. Wien 1876. Hensen, Ueber das Gedächtniss. Rectoratsrede. Kiel 1877.
3) Hering a. a. O. S. 10.

Grunde wieder das Bewusstsein als ein Ding für sich gedacht, welches von seinen Vorstellungen verschieden sei, und das Unbewusste gewinnt den Charakter einer geheimnissvollen und wunderthätigen Werkstätte, welche dem Bewusstsein gar nichts zu leisten übrig lässt als eben dies, dass es die Vorstellungen und Denkacte in bewusste umwandelt. Die Verbindung der elementaren Empfindungen und der aus ihnen entstandenen Vorstellungen ist aber gerade die Function des Bewusstseins, oder vielmehr: Bewusstsein ist dort vorhanden, wo diese Function in unserer inneren Wahrnehmung zur Erscheinung kommt. Darum ist nun auch die Ausbildung des Gedächtnisses durchaus an jene Continuität des Bewusstseins geknüpft, welche schließlich in dem entwickelten Selbstbewusstsein ihren Abschluss findet. In die früheste Kindheit reicht unser Gedächtniss nicht mehr zurück, und es beginnt in der Regel mit irgend einem lebhaften lust- oder unlusterregenden Eindruck, der eine starke Einwirkung auf unser Selbstgefühl ausgeübt hat. Jene permanenten Vorstellungen, die sich auf unser Selbst beziehen, bilden für das entwickelte Gedächtniss die bleibende Mitte, um welche sich alle Erinnerungsvorstellungen gruppiren. Der frühesten Lebenszeit und den niederen Thieren fehlt nicht überhaupt das Gedächtniss, aber es ist ein kurzdauerndes, fragmentarisches, nicht ein continuirliches, wie bei entwickeltem Selbstbewusstsein Nur in dem letzteren gewinnt daher auch der Act des Erinnerns seine eigenthümliche psychologische Bedeutung: er ist keine bloße Erneuerung früher dagewesener Vorstellungselemente, sondern er enthält stets zugleich eine Beziehung auf den constanten Vorstellungsinhalt des Bewusstseins, und vermittelst des letzteren verbindet er die reproducirte mit früheren Vorstellungen.

Der hier angedeutete Unterschied der Erneuerung und der Erinnerung der Vorstellungen bewirkt es, dass auch der Begriff des Gedächtnisses in zwei Bedeutungen, in einer weiteren und zugleich niedrigeren und in einer engeren oder höheren, gebraucht werden kann. In jenem weiteren Sinne ist das Gedächtniss lediglich die Fähigkeit einer Erneuerung von Vorstellungsinhalten, ohne dass dabei den letzteren eine Beziehung zu früher gehabten beigelegt wird. In diesem engeren Sinne wird die reproducirte Vorstellung als solche wiedererkannt, und sie wird auf diese Weise mit der Vergangenheit des Bewusstseins in unmittelbare Beziehung gebracht. Dieses eigentliche Gedächtniss schließt daher den oben besprochenen Vorgang der »Localisation in der Zeit« ein (S. 461). Es genügt dazu nicht die Reproduction der einzelnen Vorstellung, sondern mit ihr müssen andere, die ihr Verhältniss zu dem Gesammtverlauf der Bewusstseinsvorgänge bestimmen, erneuert werden. Diese Hülfsvorstellungen aber gehören zum größten Theile jener constanten

Vorstellungsgruppe an, mit der das Selbstbewusstsein innig verwachsen ist. Denn die genaue Vergegenwärtigung eines früheren Erlebnisses wird bekanntlich zumeist durch die Erinnerung an die näheren Umstände unterstützt, in denen wir uns zur Zeit des Erlebnisses befunden haben.

Bei der bald als bleibende Anlage bald vorübergehend oder als normale Alterserscheinung vorkommenden Schwäche des Gedächtnisses können hiernach schon nach ihren allgemeinen Bedingungen verschiedene Seiten der Gedächtnissfunction verändert sein. Entweder kann dieselbe auf mangelhafter oder für zahlreiche Vorstellungen gänzlich fehlender Erneuerung der Vorstellungen beruhen, oder es kann zwar diese von statten gehen, aber der Erinnerungsact, die Beziehung der Vorstellungen auf frühere Erlebnisse des eigenen Bewusstseins, kann mehr oder weniger gestört sein. Der erste Fall bedingt die Erscheinungen der gewöhnlichen Gedächtnissschwäche, im zweiten entstehen die Erscheinungen der so genannten Unbesinnlichkeit, die sich außerdem mit Gedächtnisstäuschungen verbinden können. Innerhalb dieser Hauptformen der Störung können dann noch mannigfache Unterformen entstehen, die in besonders augenfälliger Weise in den verschiedenen Störungen des Sprachgedächtnisses ihren Ausdruck finden und bereits früher, bei Besprechung der physiologischen Grundlagen der Sprachfunction, erörtert worden sind[1].

Die Phantasie wird von dem Gedächtnisse gewöhnlich als diejenige Eigenschaft unterschieden, vermöge deren wir Vorstellungen in veränderter Anordnung reproduciren können. Doch diese Begriffsbestimmung ist eine durchaus unzureichende. Es ist zwar richtig, dass die Phantasie die Elemente, aus denen sie ihre Verbindungen bildet, dem Schatz des Gedächtnisses entnehmen muss; aber bei den Functionen, die wir noch ganz und gar auf das letztere beziehen, fehlt es keineswegs an veränderten Anordnungen der Vorstellungen, ja keine einzige Erinnerung liefert uns das früher Erlebte ohne jede Veränderung. Das unterscheidende Kennzeichen der Phantasie liegt vielmehr in der Art der Verbindung der Vorstellungen. Das Gedächtniss bietet diese lediglich nach Maßgabe der associativen Verbindungen, in denen sie stehen, dem Bewusstsein dar. Die Aufeinanderfolge der Erinnerungsbilder, die als Erzeugnisse des bloßen Gedächtnisses betrachtet werden, entspricht daher ganz dem losen und unbestimmt begrenzten Verlauf der Associationsreihen. In der Phantasiethätigkeit dagegen ist in allen Fällen, mag bei ihr auch noch so sehr die regulirende Wirksamkeit des Willens zurücktreten, eine Verbindung

1) Vergl. Abschn. I, Cap. IV und V, S. 168, 223 ff. Eine eingehende Uebersicht der allgemeinen Gedächtnissstörungen, gestützt auf zahlreiche Fälle der medicinischen Litteratur, gibt Ribot, Les maladies de la mémoire, Paris 1881. Chap. II—IV.

der Vorstellungen nach einem bestimmten Plane nachzuweisen. Jede Phantasiethätigkeit beginnt demnach mit irgend einer Gesammtvorstellung, welche zunächst nur in unbestimmten Umrissen vor dem Bewusstsein zu stehen pflegt; dann treten die einzelnen Theile successiv klarer hervor, und es entwickelt sich so das Phantasieerzeugniss, indem sich die ursprüngliche Vorstellung in ihre Bestandtheile gliedert. Was diese Thätigkeit von dem logischen Gedankenprocess unterscheidet, ist einerseits die sinnliche Lebendigkeit und Anschaulichkeit der Vorstellungen, anderseits das Fehlen der begrifflichen Elemente und ihrer sprachlichen Symbole, an deren Stelle eben die sinnlichen Einzelvorstellungen an dem Vorgange Theil nehmen. So ist die Phantasiethätigkeit ein Denken in Bildern. Sie ist in der allgemeinen wie in der individuellen Entwicklung des Geistes zweifellos die ursprüngliche Form des Denkens, welche sich allmählich erst in Folge der an die Bildung der Sprache geknüpften psychologischen Vorgänge, die wir früher theilweise berührt haben[1]), in die logische Gedankenform umwandelt. Gleichwohl bleibt neben dieser auch das anschauliche Wirken der Phantasie bestehen, und es bereitet in nicht seltenen Fällen die logische Gedankenthätigkeit vor, indem es die allgemeineren Verknüpfungen derselben in concreterer Gestalt vorausnimmt. Darum kann man mit Recht sagen, dass auch an wissenschaftlichen Schöpfungen die Phantasie ihren Antheil habe. Die künstlerische Thätigkeit aber hat ihre hohe Bedeutung darin, dass sich bei ihr die intellectuellen Functionen durchaus in der Form der Phantasiethätigkeit vollziehen.

Wir können eine doppelte Wirksamkeit der Phantasie unterscheiden: eine passive und eine active. Einigermaßen entspricht diese Gegenüberstellung derjenigen der passiven und activen Apperception. Passiv ist unsere Phantasie, wenn wir uns dem Spiel der Vorstellungen überlassen, die von irgend einer Gesammtvorstellung in uns angeregt werden; activ ist sie, wenn unser Wille zwischen den bei einer solchen Zerlegung sich darbietenden Vorstellungen auswählt und auf diese Weise planmäßig das Einzelne zu einem Ganzen zusammenfügt. Auch diese beiden Richtungen der Phantasie bilden aber keineswegs Gegensätze; vielmehr bietet die passive der activen Phantasie das Material dar, aus dem diese ihre Erzeugnisse formt.

Die passive Phantasie ist fast fortwährend in uns wirksam. Insbesondere ist eine bevorstehende Handlung oder die Zukunft überhaupt ein sehr häufiges Object der Phantasiethätigkeit. Zunächst steht die zukünftige Handlung in ihren allgemeinen Umrissen vor uns, dann zerfließt sie in ihre einzelnen Acte. Ebenso können wir aber in die vergangene Zeit,

---

1) Vgl. S. 450 ff., 477. Siehe außerdem Cap. XXII.

in Ereignisse, die wir selber erlebt haben, oder über die uns berichtet wird, oder selbst in ein ganz imaginäres Geschehen uns hineinphantasiren. Noch passiver als in diesen Fällen erscheint endlich die Wirksamkeit der Phantasie, wenn man irgend eine zufällig aufgegriffene Vorstellung im Bewusstsein festhält, um sie kaleidoskopartig in allerlei phantastische Gestaltungen sich entfalten zu lassen, wie solches sehr anschaulich GOETHE nach seinen Selbstbeobachtungen schildert[1]). Die passive Phantasie in allen diesen Formen wirkt um so lebhafter und unwiderstehlicher, je mehr das logische Denken zurücktritt, daher vor allem beim Naturmenschen und beim Kinde. Leicht verbindet sie sich dann mit entsprechenden äußeren Handlungen, Sprachäußerungen und pantomimischen Bewegungen, und oft werden beliebige äußere Objecte benutzt, um, nachdem sie selbst durch Assimilation phantastisch umgestaltet sind, den Verlauf der übrigen Phantasievorstellungen an sie anzuknüpfen. So benutzt das Kind seine Puppe, die Bilder seines Bilderbuches und andere Spielsachen, nicht selten aber auch beliebige Objecte, die ihm zur Hand sind, Tische und Stühle, Stöcke und Steine. Der Erzieher hat nicht zu übersehen, dass alle active Phantasiethätigkeit aus dieser passiven sich entwickeln muss, und dass daher vor allem das Spiel, dies hauptsächlichste Erziehungsmittel der Phantasie, nicht müssig beschäftigen, sondern das eigene Handeln des Kindes herausfordern und üben soll. Auch sind die Gefahren nicht zu unterschätzen, welche ein Ueberwuchern der passiven Phantasiethätigkeit für das Kind und oft noch für den Erwachsenen mit sich bringt.

Die active Phantasiethätigkeit liegt jeder Art künstlerischer Schöpfung zu Grunde, und in gewissem Grade ist sie an allen andern schöpferischen Erzeugnissen des menschlichen Geistes betheiligt, an den Erfindungen der Technik so gut wie an den Entdeckungen der Wissenschaft. Bei keiner dieser Schöpfungen aber setzt sich das Ganze mosaikartig aus seinen Theilen zusammen, sondern es steht zuerst im Bewusstsein: es bildet die Idee des Kunstwerks, die oft blitzartig aufleuchtende Conception einer intellectuellen Schöpfung; dann erst gliedert es sich in seine einzelnen Bestandtheile, wobei freilich manches aufgenommen wird, was ursprünglich nicht geplant war, oder wohl sogar die Idee selbst wesentliche Umgestaltungen erfährt. Nichts kann verkehrter sein, als die Meinung, die ursprüngliche Idee des Kunstwerkes müsse in der Form eines logischen Denkactes in der Seele des Künstlers liegen. Die ästhetische Analyse kann es gelegentlich versuchen, eine solche Uebertragung in die logische Gedankenform nachträglich vorzunehmen. Aber wo das Kunstwerk selbst

1) GOETHE, Sämmtl. Werke. Ausg. letzter Hand. L, S. 38. Vgl. auch den Schluss des neunten Capitels der Wahlverwandtschaften, XVII, S. 302.

diesen Ursprung nimmt, da setzt es sich in Widerspruch mit den eigensten Gesetzen der Phantasiethätigkeit. Der wahre Künstler wird nie darüber Auskunft geben können, welchen Zweck er bei einer bestimmten Schöpfung im Auge hatte: wie die Ausführung seiner Idee den Gedanken nur in anschaulichen Bildern darstellt, so lag die Idee selbst nur in der Form der Anschauung in ihm. Der symbolisirenden Kunst und der lehrhaften Poesie mag darum immerhin ihr Werth bleiben; aber sie sind so wenig wie die Erzeugnisse des Kunstgewerbes reine Kunstschöpfungen, sondern intellectuelle Erzeugnisse in künstlerischer Form.

Als Verstandesanlage bezeichnen wir schließlich die Disposition des Bewusstseins hinsichtlich der Processe des logischen Denkens oder jener apperceptiven Verbindungen, bei denen die Vorstellungen die Bedeutung von Begriffen besitzen. Wie wir die Phantasiethätigkeit ein Denken in Bildern genannt haben, so könnte man daher die Verstandesthätigkeit füglich auch als ein Phantasiren in Begriffen bezeichnen. Der Unterschied beider Functionen liegt eben wesentlich darin, dass die eine die Einzelvorstellungen als solche verkettet, so dass sich in diesen die sinnliche Lebendigkeit der wirklichen Welt spiegelt, während bei der andern die einzelne Vorstellung die Repräsentantin eines Begriffs ist, daher sie in dem Maße an Anschaulichkeit verliert, als sie in mannigfaltige Beziehungen zu andern Begriffen tritt, bis schließlich bei den abstracten Objecten des Denkens die im Bewusstsein vorhandene Vorstellung nur noch als willkürliches Zeichen für jene Beziehungen Geltung besitzt. Dieser äußere Unterschied ist natürlich nur der Reflex der tiefer liegenden Verschiedenheiten beider Formen des Denkens. Die Zwecke, die wir bei ihren vollkommeneren Erzeugnissen, der künstlerischen und der wissenschaftlichen Leistung, voraussetzen, weisen deutlich auf diese Verschiedenheiten zurück. Von dem Kunstwerk verlangen wir, dass es uns in einzelnen Gestaltungen und Erlebnissen, welche den vollkommeneren Erscheinungen der Wirklichkeit gleichen, in sich abgeschlossene Bilder dieser Wirklichkeit vorführe, welche uns den Inhalt des Geschauten unmittelbar mit erleben lassen. Von der wissenschaftlichen Leistung fordern wir, dass sie gewisse allgemeingültige Beziehungen des Wirklichen feststelle, welche sich in der einzelnen Erscheinung bewähren. Demgemäß ist auch für das gewöhnliche Denken die Grenze zwischen Phantasie- und Verstandesthätigkeit so zu ziehen, dass die letztere beginnt, sobald die Vorstellungen begriffliche Bedeutung gewinnen. Was wir als Denken zu bezeichnen pflegen, das ist bald Phantasie- bald Verstandesthätigkeit, und in dem normalen Verlauf unserer Vorstellungen greifen diese beiden Functionen so innig in

einander ein, dass selten nur in der einen oder nur in der andern Form eine Gedankenreihe ablaufen wird.

Gedächtniss, Phantasie und Verstand pflegen mit Rücksicht auf die Richtungen und Grade, in denen sie ausgebildet sind, noch mit verschiedenen Attributen belegt zu werden. So nennt man das Gedächtniss umfassend, wenn es viele und verschiedenartige Vorstellungen bereit hält, treu, wenn es die früheren Vorstellungen genau reproducirt, und wenn die Dispositionen lange Zeit festgehalten werden, leicht, wenn es nur einer kurzen Einwirkung der Eindrücke bedarf, um eine Wiedererweckung derselben möglich zu machen. Außerdem pflegt man das mechanische und das logische Gedächtniss zu unterscheiden. Unter dem ersteren versteht man das Festhalten der Associationen, unter dem letzteren dasjenige der apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen. Es geht hieraus schon hervor, dass das logische Gedächtniss nur noch theilweise der eigentlichen Gedächtnissfunction zufällt, und dass es zu einem andern Theil in das Gebiet der Phantasie- und Verstandesthätigkeit hinüberreicht. Schon der Umstand, dass wir eine Gedankenverbindung, die vermittelst ihrer logischen Beziehungen festgehalten wird, in der Regel in veränderter Anordnung reproduciren, weist auf eine derartige Betheiligung hin. Im Gedächtniss festgehalten wird dabei zunächst nur eine Gesammtvorstellung; die Art ihrer Zerlegung bleibt unserer Phantasie- und Verstandesthätigkeit überlassen; im Verlauf einer solchen Zerlegung bilden aber dann außerdem die einzeln appercipirten Vorstellungen Associationshülfen für andere, die früher mit ihnen verbunden gewesen sind. Wegen dieses Ausgehens von Gesammtvorstellungen ist das logische Gedächtniss weit umfassender als das mechanische, welches immer nur von einer Vorstellung zur andern mittelst der Association fortschreitet, darum aber auch leicht in Verwirrung geräth, sobald nur an einer Stelle die Associationsreihe unterbrochen wird. Das mechanische Gedächtniss ist bekanntlich in der Kindheit am kräftigsten; dies gilt aber nicht von dem logischen Gedächtniss, welches im Gegentheil erst bei gereiftem Bewusstsein seine größte Leistungsfähigkeit erreicht. Ferner spielen die Associationsformen bei den verschiedenen Anlagen des Gedächtnisses, speciell des mechanischen, eine nicht unwichtige Rolle. Insbesondere gibt es Menschen mit vorwiegend zeitlichem und andere mit vorwiegend räumlichem Gedächtniss. Den ersteren vergegenwärtigen sich die Vorstellungen in der zeitlichen Reihenfolge, in welcher sie einwirkten, den letzteren in der Form einer räumlichen Coexistenz von Objecten oder Worten. Ein Prediger mit räumlichem Gedächtniss z. B. behält vielleicht jede Seite und Zeile seiner memorirten Predigt im Gedächtniss und liest sie in Gedanken vor seinen Zuhörern ab; er kann nicht anders als in dieser räumlichen Form memoriren, welche hingegen demjenigen, dessen Gedächtniss die vorwiegende Disposition zu zeitlicher Succession besitzt, völlig unmöglich wird.

Nicht minder groß sind die Unterschiede des Gedächtnisses hinsichtlich der Intensität und Deutlichkeit der Erinnerungsbilder. Bei den meisten Menschen werden die Gesichtsempfindungen am vollkommensten reproducirt; ihnen können sich die Schallvorstellungen nähern, während bei dem Tast-, dem Geruchs- und Geschmackssinn in der Regel, wie es scheint, eine Wiedererneuerung qualitativ bestimmter Empfindungen, wie des Warmen, Sauren, Bittern, völlig

unmöglich ist. Zuweilen tritt hier eine Bewegungsempfindung, die mit der betreffenden Sinnesempfindung complicirt zu sein pflegt, an Stelle der letzteren, so namentlich bei den mit mimischen Reflexen verbundenen Geschmacksempfindungen. Die Erinnerungsbilder des Gesichtssinns erscheinen bei vielen erwachsenen Personen als völlig farblose, auch in den Conturen undeutliche Zeichnungen: bei andern sind zwar die Conturen deutlich, aber die Farben werden nicht reproducirt; bei noch andern sind die Erinnerungsbilder farbig, aber viel blasser als die unmittelbaren Sinnesvorstellungen. Der Fall, dass diesen die Phantasiebilder in Intensität der Farbe und Deutlichkeit der Zeichnung nahe kommen, ist, wenigstens bei erwachsenen Menschen, äußerst selten; doch zeigen gerade bei solchen, deren Erinnerungsbilder sonst sehr blass sind, diese dann manchmal eine bedeutend größere Lebhaftigkeit, wenn die Sinneseindrücke, auf die sie sich beziehen, unmittelbar vorangegangen sind, weshalb sie FECHNER in diesem Fall Erinnerungsnachbilder genannt hat[1]). Viel lebhafter sind die Erinnerungsbilder in der Jugend, und es scheint ihnen hier fast niemals die Farbe zu fehlen. In reiferem Alter bewahren sie, wie es scheint, um so mehr ihre ursprüngliche Frische, je mehr dem Bewusstsein der Verkehr mit äußeren Naturobjecten geläufig ist, während sie bei Gelehrten, die sich fast ausschließlich mit abstracten Gegenständen beschäftigen, zuweilen so blass und undeutlich werden, dass die Individuen selbst an dem thatsächlichen Vorhandensein von Empfindungen zweifeln können[2]). Außer in ihrer Intensität und Deutlichkeit pflegen sie sich übrigens noch in einigen andern Beziehungen von den unmittelbaren Sinneseindrücken zu unterscheiden. So werden entfernte Gesichtsobjecte fast immer verkleinert vorgestellt, was damit zusammenhängen dürfte, dass wir uns dieselben näher denken, als wir sie in der Wirklichkeit zu sehen pflegen. Ferner hat FECHNER bemerkt, dass man sich in dem unsichtbaren Theil des äußeren Gesichtsraums, also hinter dem Rücken, die Erinnerungsbilder schwieriger denken kann als vor dem Auge: manchen Beobachtern scheint ersteres sogar ganz unmöglich zu sein[3]).

Bei der Phantasiebegabung und Verstandesanlage lassen sich ebenfalls je zwei Hauptrichtungen unterscheiden. Bald hat die individuelle Phantasie in hohem Grade die Eigenschaft, den Vorstellungen, die sie dem Bewusstsein vorführt, lebendige Anschaulichkeit zu verleihen, bald ist sie mehr dazu angelegt mannigfache Combinationen der Vorstellungen auszuführen: das erste wollen wir als die anschauliche, das zweite als die combinirende Phantasie bezeichnen. Eine hochgradige Ausbildung in beiden Richtungen ist selten, denn je größer die sinnliche Stärke der einzelnen Phantasievorstellungen ist, um so schwerer wird es der Apperception rasch zwischen denselben zu wechseln. Die individuelle Verstandesanlage dagegen unterscheidet sich hauptsächlich nach der vorwiegenden Richtung, welche die apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen innehalten. Der inductive Verstand ist geneigt, die einzelnen Thatsachen, welche die Objecte unserer Vorstellungen bilden, zu begrifflichen Formen zu verbinden; der deductive Verstand dagegen ist in höherem Grade geneigt den durch das Denken erzeugten begrifflichen Formen das Einzelne unterzuordnen: jener liebt es daher Erfahrungen zu sammeln und aus ihnen

1) FECHNER, Psychophysik, II, S. 468 f.
2) FR. GALTON, Mind, July 1880, p. 301.
3) FECHNER a. a. O. S. 479.

begriffliche Generalisationen zu entwickeln, dieser sucht aus allgemeinen Begriffen und Regeln Folgerungen zu ziehen oder ein allgemeines Princip in seine einzelnen Fälle und Anwendungen zu zerlegen.

Die wichtigsten Unterschiede der geistigen Richtung entspringen aus der Verbindung bestimmter Eigenschaften der Phantasie mit bestimmten Anlagen des Verstandes. Die hieraus resultirende geistige Disposition pflegt man das Talent zu nennen. Da sich jede der beiden vorhin unterschiedenen Richtungen der Phantasie mit jeder der beiden Richtungen des Verstandes verbinden kann, so lassen sich füglich vier Hauptformen des Talentes unterscheiden. Die inductive Anlage in Verbindung mit der anschaulichen Phantasie bildet das beobachtende Talent des beobachtenden Naturforschers, des praktischen Psychologen und Pädagogen und überhaupt des Mannes der praktischen Lebenserfahrung; es begründet die Fähigkeit des Dichters, des bildenden und darstellenden Künstlers seinen Gestalten Lebenswahrheit zu verleihen. Die inductive Anlage im Verein mit der combinirenden Phantasie bildet das erfinderische Talent. Es ist dem Entdecker und Erfinder in der Technik, Industrie und Wissenschaft eigen; es begründet beim Dichter und Künstler die Fähigkeit der Composition, der zweckmäßigen Verbindung und Anordnung der Theile des Kunstwerks. Die deductive Anlage im Verein mit der anschaulichen Phantasie bildet das zergliedernde Talent des systematischen Naturforschers und Geometers; bei dem morphologischen Systematiker, einem Linné und Cuvier, wiegt die anschauliche, bei dem Geometer, einem Gauss und Steiner, die zergliedernde Seite dieses Talentes vor. Aus der deductiven Anlage im Verein mit der combinirenden Phantasie entspringt endlich das speculative Talent des Philosophen und des Mathematikers, mit einem Uebergewicht der combinirenden Phantasie bei dem ersteren, des deductiven Verstandes bei dem letzteren. Natürlich finden sich alle diese Formen des Talentes bis zu einem gewissen Grade stets vereinigt. Hervorragende Talente sind aber bekanntermaßen meistens einseitig; insbesondere sind solche Talente selten verbunden, die eine entgegengesetzte Richtung sowohl der Phantasie wie des Verstandes voraussetzen, also das beobachtende und das speculative, das erfinderische und das zergliedernde Talent.

Achtzehntes Capitel.

Gemüthsbewegungen.

1. Allgemeiner Zusammenhang der Gemüthsvorgänge.

Unter dem Worte Gemüth fasst unsere Sprache die Gesammtheit der Zustände zusammen, die wir unmittelbar auf ein Leiden oder Thätigsein unseres Ich beziehen [1]. Gefühle, Affecte, Triebe werden als die einzelnen Vorgänge betrachtet, aus denen sich die Gemüthsseite unseres Seelenlebens zusammensetzt. Nun zeigt die psychologische Analyse, dass alle diese Vorgänge nicht nur unter einander sondern auch mit den Vorstellungsprocessen innig zusammenhängen. Sowohl die einzelnen Vorstellungen wie der Wechsel derselben, ihre Associationen und Apperceptionen sind, wie uns die vorangegangenen Capitel gezeigt haben, überall von Gemüthsvorgängen begleitet, und dieses Begleiten bedeutet nirgends eine bloße regelmäßige Coexistenz an sich trennbarer Zustände, sondern einen einheitlichen Zusammenhang dieser Zustände selbst, aus dem erst unsere abstrahirende Analyse die einzelnen aussondert. Dies zeigt sich vor allem darin, dass wir uns über die Natur der einzelnen Gemüthsvorgänge ebenso wenig ohne die gleichzeitige Analyse der Vorstellungsinhalte des Bewusstseins wie über den Zusammenhang und Wechsel der letzteren ohne die gleichzeitige Berücksichtigung der Gemüthsvorgänge, vor allem ihrer elementarsten, der Gefühle, Rechenschaft geben können.

Abgesehen von dieser Beziehung zu den Vorstellungen stehen nun aber auch die einzelnen, bis zu einem gewissen Grade willkürlich unterschiedenen Gemüthsvorgänge selbst in der engsten Verbindung mit einander. Ihrer aller Grundlagen sind die Gefühle, die nirgends fehlen, wo überhaupt von Gemüthsbewegungen die Rede ist. Aus ihnen entspringen die Affecte, aus den Affecten entwickeln sich die Triebe, und diese bilden wieder als einfache Acte des Wollens den unmittelbaren Uebergang von den Gemüthsbewegungen zu den Willensvorgängen. Unter allen diesen subjectiven Processen ist daher das Gefühl der constante Bestandtheil: keiner der andern kommt ohne Gefühle vor, und insbesondere ist auch

---

1) Ueber die Bedeutungsentwicklung des Wortes Gemüth vergl. Phil. Stud. VI, S. 335 f.

die Existenz eines nicht von Gefühlen getragenen, etwa auf Grund rein intellectueller Erwägungen zu Stande kommenden Wollens eine leere Fiction der Philosophen, die in der Wirklichkeit ebenso unmöglich ist wie ein Körper ohne einen Raum, den er ausfüllt[1]). Anderseits freilich sind auch die Gefühle nur als Zustände eines wollenden Wesens möglich. Theils sind sie Anfangs- theils Begleitzustände des Wollens. Nur weil sie insbesondere das erstere sind, jeden Willensact in der Richtung, die er bei seiner weiteren Entwicklung nimmt, einleiten, können sie auch als relativ selbständige Gemüthszustände vorkommen, d. h. eben als solche, die erlöschen oder in andere Gefühle übergehen, ehe es zu einer Entwicklung jener weiteren Gemüthsvorgänge gekommen ist.

So prägt sich denn vor allem in den Gefühlen schon eine wichtige Eigenschaft des gesammten Gemüthslebens aus. Sie sind stets einheitliche Zustände des Bewusstseins. Während in einem gegebenen Moment mehrere Vorstellungen in uns gegenwärtig sein können, die wir nur in äußere Relationen zu einander bringen, indem wir sie entweder als räumlich getrennte Objecte eines und desselben Sinnes oder als zufällig coexistirende Eindrücke mehrerer Sinne auffassen, gibt es stets nur eine Gefühlslage. Sie kann allerdings sehr rasch wechseln, und häufig setzt sie sich deutlich aus mehreren Componenten zusammen. Wo aber letzteres der Fall ist, da entspringt dann aus solchen Gefühlscomponenten immer ein einheitliches Totalgefühl, das die resultirende Richtung der ganzen Gemüthslage angibt. Niemals kann dasselbe als die bloße Summe der Partialgefühle angesehen werden; vielmehr ist es ihr gemeinsames Product, neben dem jene nur noch als unselbständige Factoren des neuen Einheitsgefühls Platz haben. Am augenfälligsten ist dies bei solchen zusammengesetzten Gefühlen, bei denen die Partialgefühle von contrastirender Beschaffenheit sind, wie z. B. beim Zweifel. Bei ihm schwankt unsere Stimmung zwischen Bejahung und Verneinung, demgemäß beobachtet man in diesem Zustand einen fortwährenden Wechsel der Gemüthslage

1) Wenn Theobald Ziegler (Das Gefühl. Stuttgart 1893, S. 13) mir vorhalt, d[illegible] bei mir »unter dem Einfluss einer metaphysischen Willenslehre« das Gefühl [illegible] meisten verkürzt« werde, so hat er, wie ich glaube, diese von mir stets betonte Beziehung zwischen Wollen und Fühlen übersehen. (Vgl. z. B. Essays, S. 215 f., Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2. Aufl. S. 238 ff.) Auch glaube ich nicht, [illegible] meine Willenslehre, so weit sie die Psychologie angeht, »metaphysisch« ist, sondern ich sehe im Gegentheil ihren Unterschied von der gewöhnlichen wesentlich darin, dass [illegible] empirischer ist als diese. In meinem »System der Philosophie« ziehe ich dann aus [illegible] allerdings metaphysische Folgerungen. Diese sind aber eine Sache für sich und [illegible] die Richtigkeit meiner psychologischen Willenslehre anerkennt, braucht darum n[illegible] nicht jenen Folgerungen zuzustimmen. Ich bedaure, dass meine philosophisch[illegible] Fachgenossen den Weg, den ich für den absolut verkehrten halte, nämlich sich zu[illegible] eine metaphysische Ansicht zurechtzumachen und dann darauf eine psycholog[illegible] Lehre zu gründen, immer wieder geneigt sind für den meinigen anzusehen.

zwischen entgegengesetzten Phasen, indem bald das eine bald das andere Gefühl überwiegt. Aber daneben bemerkt man deutlich zugleich ein Totalgefühl, welches aus der fortwährenden Coexistenz jener Contrastgefühle resultirt und zeitlich nur in seiner Färbung je nach dem Uebergewicht des einen oder des anderen Factors wechselt [1]). Ein ausgeprägtes Beispiel dieser Totalgefühle von mehr stetigem Charakter ist das Gemeingefühl [2]). Es ist nicht, wie es von E. H. Weber [3]) genannt wurde, die Summe, sondern die Resultante der sinnlichen Gefühle, wobei natürlich diejenigen, die an Intensität überwiegen, auch als Factoren vorzugsweise für das Totalgefühl bestimmend sind. Der einheitliche Charakter desselben erhellt aber deutlich genug daraus, dass wir in einem gegebenen Moment uns wohl oder übel oder mittelmäßig befinden, niemals aber alles dies zugleich sein können. Das ähnliche gilt von allen andern Gefühlen. Die Intensität ästhetischer, ethischer und anderer zusammengesetzter Gefühlswirkungen beruht wesentlich auf der Zusammenfassung einer oft großen Zahl von Partialgefühlen zu Totalgefühlen. Ebenso sind die Gefühle der Erkennung und Wiedererkennung, der Erinnerung u. s. w. überall solche meist auf dem Zusammenwirken vieler Factoren beruhende einheitliche Zustände.

Unter den sonstigen Bewusstseinsthätigkeiten gibt es nur eine, der eine ähnliche einheitliche Natur zukommt: die Apperception und der Wille sind solche Einheitsfunctionen. Dass unsere intellectuellen Auffassungen und die an sie sich anschließenden logischen Denkacte discursiv, d. h. psychologisch gesprochen in rein linearer Anordnung, nicht in einem mehrfältigen Nebeneinander verlaufen, ist der Aufmerksamkeit der Philosophen nicht entgangen. Dass wir ebenso in jedem Moment nur eines und nicht mehreres wollen können, ist nicht minder eine oft hervorgehobene Thatsache der Selbstbeobachtung. Nur bei den Gefühlen hat man sich in Folge der mangelhaften psychologischen Analyse dieser Vorgänge der Wahrnehmung des analogen Verhaltens zumeist verschlossen. Und doch hat sie auch hier sich in bestimmten einheitlichen Ausdrücken für verwickelte Seelenzustände von selbst eine gewisse Anerkennung verschafft. Dass diese Uebereinstimmung in dem Verhalten jener psychischen Vorgänge auf dem Boden der früher geltend gemachten Auffassung über die Natur der Gefühle einerseits und der vorhin hervorgehobenen Beziehung des Fühlens zum Wollen nicht nur leicht verständlich, sondern geradezu selbstverständlich ist, braucht kaum noch bemerkt zu werden.

---

1) Vgl. die Analyse dieses und einiger anderer ähnlicher Gefühle in meinen Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2. Aufl. S. 233 ff.
2) Vgl. Bd. I, S. 580.
3) Tastsinn und Gemeingefühl, Handwörterb. d. Physiol., III, 2, S. 562 f.

Umgekehrt wird man daher in dieser Uebereinstimmung der Erscheinungen auch eine Bestätigung der hier entwickelten Theorie finden können.

Aus dieser Einheit des Gefühls, in der seine Beziehung zur centralsten Bewusstseinsthätigkeit, zur Apperception und zum Willen, ihren Ausdruck findet, erklärt sich nun auch eine leicht zu bestätigende, für die Vorstellungsseite des Bewusstseins außerordentlich wichtige Erscheinung. Dunkle, außerhalb des Blickpunktes der innern Wahrnehmung liegende Vorstellungen sind nicht minder von Gefühlen begleitet, wie die direct appercipirten. Da nun aber alle in einem gegebenen Moment vorhandenen Partialgefühle als Factoren in das vorhandene Totalgefühl *eingehen*, so können sie die Gefühlslage des Bewusstseins in einem Grade bestimmen, der zum Klarheitsgrad der entsprechenden Vorstellungen außer allem Verhältniss zu stehen scheint. In nichts prägt sich das verschiedene Verhalten der Vorstellungen und der Gefühle zu den Apperceptionsvorgängen deutlicher aus als in dieser Erscheinung. Dass man gelegentlich Stimmungen in sich findet, die aus der augenblicklichen sonstigen Bewusstseinslage nicht erklärlich zu sein scheinen, ist eine aus der alltäglichen Beobachtung hinreichend bekannte Thatsache. Außerordentlich belehrend scheinen mir nun aber solche Fälle zu sein, wo man sich plötzlich, etwa durch das Nachdenken über den Grund solcher Stimmungen, des Zusammenhangs derselben bewusst wird. Es stellen sich dann stets als solche Bedingungen Erlebnisse heraus, die das betreffende Gefühl vollkommen motiviren. Ich habe solche Gefühle namentlich bei verhältnissmäßig geringfügigen Anlässen oft deutlich beobachtet, wo eben wegen dieser Geringfügigkeit die Vorstellungsgrundlage des Gefühls leicht aus dem Focus der Aufmerksamkeit verschwinden kann. Man hat z. B. irgend einen Auftrag oder eine Höflichkeitspflicht, wie das Schreiben eines Briefes, vergessen und erinnert sich dessen mit dem entsprechenden Unlustgefühl. Nun nimmt man sich vor das Versäumte so bald als möglich nachzuholen, vergisst aber die Sache zunächst wieder. Da wird man plötzlich, manchmal in Folge einer nachweisbaren Associationsbeziehung, oft aber auch ohne einen bemerkbaren Anlass durch das nämliche Unlustgefühl überrascht, über dessen Bedeutung man sich aber zuerst gar keine Rechenschaft geben kann. Ich glaube, in allen solchen Fällen wird man nicht anstehen können anzunehmen, dass dunkel im Bewusstsein anwesende Vorstellungen, namentlich solche, welche die im vorigen Capitel geschilderte oscillirende Beschaffenheit besitzen, durch ihre Einwirkung auf das Totalgefühl die eigenthümliche, scheinbar grundlose Stimmung hervorbrachten. Für die wesentliche Betheiligung oscillirender Vorstellungen spricht besonders die ebenfalls sehr häufig oscillirende Natur derartiger Gefühle. Dass noch in manchen andern Fällen.

namentlich bei Erkennungs- und Erinnerungsvorgängen, die Gefühle früher deutlich werden können als die zugehörigen Vorstellungen, ist schon bemerkt worden [1]). Alle die dort erwähnten Erscheinungen erklären sich aus dem Einfluss der sich langsam aufarbeitenden Vorstellungen auf das Totalgefühl. Ebenso gehört hierher die manchmal gemachte Bemerkung, dass irgend ein neuer Gedanke, etwa das Resultat einer erfinderischen Gedankenarbeit, zuerst in der Form des Gefühls zur inneren Wahrnehmung kommt. Freilich können aber solche Gefühle auch täuschen, insofern die nachher deutlich werdenden Vorstellungen das nicht halten, was die ihnen vorauseilenden Gefühle versprochen haben.

Nachdem die einfacheren Formen der Gefühle bei den einzelnen Vorstellungsprocessen, mit denen verbunden sie vorkommen, betrachtet worden sind, bleiben uns hier nur noch diejenigen Gemüthsvorgänge zu untersuchen übrig, die sich als Zwischenstufen zwischen die Gefühle und Willensvorgänge einzuschieben pflegen: die Affecte und die Triebe. Daran werden sich dann noch einige kurze Bemerkungen über gewisse zusammengesetztere Gefühlsformen anschließen, deren nähere Analyse nicht mehr der Psychologie, sondern besonderen, hier an die Psychologie sich anlehnenden Wissenschaften, wie der Ethik, Aesthetik und Religionsphilosophie, zukommt.

2. Affecte und Triebe [2]).

Die ursprüngliche und in dem Wort zunächst gelegene Bedeutung des Begriffs der Gemüthsbewegung weist auf Veränderungen hin, die durch lebhafte Gefühle in dem Verlauf unserer Vorstellungen hervorgebracht werden. Da unser Inneres in Wirklichkeit immer in Veränderung ist, so kann die besondere Hervorhebung der Bewegung hier nur in der auffallenden Stärke derselben ihre Quelle haben. Regelmäßig haben aber weiterhin derartige durch Gefühle verursachte Veränderungen in dem Verlauf unserer Vorstellungen den Erfolg, dass sie die Intensität des Gefühls erheblich verstärken, so dass nun dieses gleichzeitig als die Ursache und als die Wirkung der eintretenden Veränderung erscheinen kann. In der That hat dieser Umstand zu zwei entgegengesetzten Ansichten über die Natur der Gemüthsbewegungen Anlass gegeben: nach der einen sind dieselben starke Gefühle, deren bloße Folgeerscheinungen die Veränderungen

1) Vgl. oben S. 447, 462 ff.

2) Vgl. zu dem folgenden meine Abhandlung: Zur Lehre von den Gemüthsbewegungen. Phil. Stud. VI, S. 335 ff., sowie Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2. Aufl. Vorl. XV, XXV und XXVI.

des Verlaufs der Vorstellungen sind; nach der andern dagegen sind sie solche Gefühle, die aus dem Vorstellungsverlauf selbst hervorgehen[1]). Jede dieser Auffassungen greift nur einen Theil des wirklichen Vorgangs heraus: die erste bezeichnet mit Recht ein Gefühl als die primäre Ursache der ganzen Gemüthsbewegung, ebenso Recht hat aber die zweite darin, dass sie auch nach der Gefühlsseite hin als eine wesentliche Bedingung der Gemüthsbewegung die Veränderungen in der Verbindung der Vorstellungen betrachtet. Zudem sind es diese, auf deren verschiedenes Verhalten die Unterscheidung der beiden Hauptclassen der Gemüthsbewegungen, der Affecte und der Triebe, zurückgeführt werden kann. Bei den Affecten bleibt die Veränderung eine innere, auf die Vorstellungen beschränkte, bei den Trieben führt die Bewegung der Vorstellungen zu äußern Bewegungen, als deren Motive die Vorstellungen mit den sie begleitenden Gefühlen erscheinen.

Hiernach sind die Affecte theils unmittelbare Wirkungen der Gefühle auf den Verlauf der Vorstellungen theils Rückwirkungen dieses Verlaufs auf das Gefühl. Jedes heftige Gefühl führt leicht zum Affecte, mit dem es dann in ein untrennbares Ganzes zusammenfließt, daher man auch heftige Gefühle in der Regel schlechthin Affecte nennt. Die häufigste Aeußerung des Affectes besteht in der plötzlichen Hemmung des Ablaufs der Vorstellungen. Jedes starke Gefühl, welches sich schnell in uns erzeugt, pflegt diese Wirkung zu haben, ein heftiger sinnlicher Schmerz ebensowohl wie die von einer unerwarteten Vorstellung herrührende Ueberraschung. Eine ihm eigene qualitative Färbung hat daher der Affect überhaupt nicht; diese gehört ganz dem Gefühl an, von welchem er ausgeht. In dem ersten Stadium starker Affecte kommt dieselbe noch wenig zur Geltung. Schreck, Erstaunen, heftige Freude, Zorn stimmen zunächst sämmtlich darin überein, dass alle andern Vorstellungen vor der einen zurücktreten, welche als Trägerin des Gefühls ganz und gar das Gemüth ausfüllt. Erst in dem weiteren Verlauf trennen sich die einzelnen Zustände deutlicher. Entweder kann jene erste Hemmung einem plötzlichen, die Apperception überwältigenden Herandrängen einer großen Zahl von Vorstellungen Platz machen, die mit dem affecterzeugenden Eindruck verwandt sind. Oder es kann die Aufmerksamkeit in denjenigen Vorstellungen festgebannt bleiben, aus welchen zuerst der Affect entsprang. Jene überströmenden Affecte sind hauptsächlich bei den freudigen Erregungen des

1) Die erste dieser Ansichten ist die vorherrschende; in der Regel werden bei ihr intellectuelle und ethische Momente in unstatthafter Weise eingemengt: so auch in Kant's sonst vortrefflicher Darstellung. (Anthropologie, § 73 ff. Ausgabe von Schubert VII, S. 171.) Die zweite Ansicht ist von Herbart ausgeführt worden; doch sind ihm manche Psychologen seiner Richtung, wie namentlich Drobisch (Emp. Psychologie, S. 20[illegible]), hier nicht in allen Punkten gefolgt.

Bewusstseins zu finden. Erfüllte Hoffnung oder unerwartetes Glück lassen uns in den mannigfachsten Phantasiebildern der Zukunft schwelgen, die, wenn der Affect steigt, von allen Seiten sich zudrängen. Beim höchsten Grad der freudigen Affecte, also namentlich im Anfang derselben, kann freilich dieser Zufluss so mächtig werden, dass dadurch die Wirkung der anfänglichen Hemmung noch längere Zeit fortdauert. Der gewöhnliche Verlauf einer heftigen Freude besteht daher in einer plötzlichen, dem Schreck verwandten Bestürzung, die allmählich erst dem raschen Wechsel heiterer Phantasiebilder weicht. In anderer Weise pflegt sich bei dem plötzlichen Unlustaffect die erste hemmende Wirkung zu lösen. Hier behalten die nächsten affecterzeugenden Vorstellungen ganz und gar ihre Macht über das Bewusstsein, das sich allmählich zu sammeln beginnt. Es folgt so ein Stadium, in welchem die Apperception vollständig von einer bestimmten Vorstellung und dem an dieselbe gebundenen Gefühle beherrscht wird. Während daher der Affect der Freude allmählich in dem raschen Wogen der Vorstellungen und Gefühle sich löst, finden Schmerz, Wuth, Zorn ihr Gleichgewicht in der energischen Selbsterhaltung des Bewusstseins gegen die Macht der Eindrücke. Mit beiden Vorgängen ist eine Verminderung in der Stärke der Affecte verbunden, wodurch diese allmählich Stimmungen Platz machen, die als ihre Nachwirkungen eine kürzere oder längere Zeit noch bestehen bleiben. Besonders gewisse Unlustaffecte haben eine große Neigung in dauernde Stimmungen überzugehen, woran freilich der Umstand mitbetheiligt zu sein pflegt, dass der äußere Eindruck, der den Affect herbeiführt, selbst Nachwirkungen hat, die sich fortdauernd in Gefühlen geltend machen. So löst sich der heftige Schmerz über den Verlust einer geliebten Person in eine Trauer auf, die um so länger dauert, je fühlbarer die Lücke ist, die der Verlorene in unserm Leben zurückgelassen. Wird die Ursache der Störung in dem Gleichgewicht unseres Gemüthes nicht durch ein plötzliches Ereigniss bezeichnet, so kann sich aber auch eine Gemüthsstimmung ohne vorausgegangenen Affect allmählich entwickeln. Doch verräth sich darin in der Regel ein krankhaft gestörter Zustand, der zu Dauer und Steigerung Neigung hat, daher es hier auch wohl vorkommt, dass, entgegengesetzt dem gewöhnlichen Verlauf, die Stimmung zum Affecte heranwächst.

Alle Affecte ziehen bedeutende körperliche Rückwirkungen nach sich. Die Schilderung derselben wird uns, insoweit sie äußerlich sichtbare Symptome der Affecte abgeben, bei den Ausdrucksbewegungen (Cap. XXII) beschäftigen; die Wirkungen auf Puls, Athmung und Gefäßinnervation aber stimmen im allgemeinen mit den Wirkungen der entsprechenden Lust- und Unlustgefühle überein[1]. Für den Verlauf der Gemüthsbewegung

1) Vgl. Bd. I, Cap. X, S. 582 ff.

selbst sind besonders wegen ihrer nahen Beziehung zu den psychischen Bedingungen der Affecte die mit den Ausdrucksbewegungen verbundenen Zustände gesteigerter und verminderter Muskelspannungen bedeutsam. Jene sind in den Momenten zu finden, wo sich die Apperception den affecterregenden Eindrücken adaptirt hat. Ein Nachlass der willkürlichen Innervation macht sich dagegen fühlbar, wo solche Anpassung entweder noch nicht eintrat oder wieder aufgehört hat. Kant unterschied nach dieser Erscheinungsweise die Affecte in sthenische und asthenische[1]). Dabei ist aber zu bedenken, dass ein Affect selten während seines ganzen Verlaufes der ersten dieser Formen zugehört. Eine zornige Aufwallung z. B. beginnt mit einer plötzlichen Erschlaffung. Der Zorn »übermannt« den Menschen; dann erst gewinnt der Affect, indem die Spannung wächst, seinen sthenischen Charakter, um schließlich, wenn der Sturm ausgetobt hat, eine tiefe Erschöpfung zurückzulassen. Nur die asthenischen Affecte wie Schreck, Angst, Gram, bewahren während ihrer ganzen Dauer ihre erschlaffende Natur. Sehr heftige Affecte sind immer von lähmender Wirkung. Unfähig den Eindruck zu bewältigen, bricht der Mensch unter ihm zusammen.

Zu der Wirkung auf die willkürlichen Muskeln gesellt sich eine solche auf die Centren des Herzens und der Gefäße, der Athmung, der Absonderungswerkzeuge. Mit der Steigerung der willkürlichen Innervation scheint allgemein eine Lähmung der regulatorischen Herz- und Gefäßnerven, mit der Lähmung der Muskeln eine mehr oder weniger starke Erregung derselben verbunden zu sein[2]). Im sthenischen Affect nimmt daher die Frequenz der Herzschläge zu, die peripherischen Gefäße werden weit und füllen sich mit Blut, so dass bis in die kleinen Verzweigungen der Arterien die Pulse klopfen. Dazu kommt eine stark vermehrte Athmungsfrequenz, die sich manchmal bis zu wirklicher Athemnoth steigert. Wenn dagegen ein plötzlicher Affect den Menschen lähmt, dann steht momentan das Herz still. Bei geringeren Graden des asthenischen Affectes werden bloß Herzschlag und Athmung schwächer und langsamer, und an der Blässe der Haut verräth sich die dauernde Contraction der kleinen Arterien. Starke Affecte können bekanntlich momentan den Tod herbeiführen. Wahrscheinlich geschieht dies immer durch die heftige Alteration der Herz- und Gefäßnerven. Der sthenische Affect tödtet durch Apoplexie, der asthenische durch Herzlähmung, oder vielmehr durch jene Unterbrechung der Herzfunction, welche durch die starke und dauernde Erregung der hemmenden Herznerven herbeigeführt wird. Aber auch die mäßigeren Affecte

---

1) Kant, Anthropologie. Ausgabe von Schubert. Werke, VII, 2, S. 173.
2) Ueber die Innervation des Herzens und der Gefäße vgl. Bd. I, Cap. V, 1, S. 180 ff.

bedrohen, wenn sie habituell werden, das Leben. Die Neigung zu erregten Stimmungen begünstigt Herzleiden und apoplektische Disposition; Sorge und Gram beeinträchtigen durch dauernde Beschränkung der Blut- und Luftzufuhr die Ernährung. Minder constant und zum Theil weniger der Beobachtung zugänglich sind die Rückwirkungen der Affecte auf die Absonderungswerkzeuge. Doch lehrt hier die Erfahrung, dass bestimmte Absonderungsorgane vorzugsweise bei einzelnen Affecten in Mitleidenschaft gezogen werden. So wirken Schmerz und Kummer auf die Thränendrüsen, der Zorn auf die Leber, die Furcht auf den Darm, die Bangigkeit der Erwartung auf die Nieren- und Harnwege. Bei diesen Wirkungen, die ebenfalls in der Innervation des verlängerten Marks ihre nächste Quelle haben, sind übrigens individuelle Anlagen wohl von noch größerem Einfluss, als bei den Reflexen auf Herz und Athmung.

Die körperlichen Folgen der Affecte wirken nun ihrerseits auf die Gemüthsbewegung selber zurück. Zunächst geschieht dies nach der allgemeinen Regel, dass sich verwandte Gefühle verstärken. Die heftigen Muskelempfindungen, welche die Bewegungen des Zürnenden begleiten, erhöhen als starke Erregungen des Bewusstseins den sthenischen Charakter des Affectes; das Herzklopfen und die Athemnoth des Furchtsamen wirken an und für sich schon beängstigend. Anderseits haben aber diese körperlichen Folgezustände auch eine lösende Wirkung. Der Zorn muss sich austoben, der Schmerz wird durch Thränen gelindert. Theilweise beruht dies wohl darauf, dass die sinnlichen Gefühle, gerade weil sie zunächst den Affect verstärken, damit auch ihn rascher über seinen Höhepunkt hinwegführen. Vor allem aber bilden sie eine Ableitung der übermäßig angewachsenen inneren Spannung, die, je weniger sie in Geberden oder in Thränen sich äußert, um so heftiger die Centralorgane des Kreislaufs und der Athmung zu ergreifen pflegt und dadurch unmittelbar das Leben bedrohen kann.

Der Affect kommt in den verschiedensten Graden der Stärke vor. Wir pflegen zwar nur die heftigeren Gemüthsbewegungen mit diesem Namen zu belegen. Aber ganz unbewegt ist unser Inneres niemals. Von den Gefühlen, die den Empfindungen und Vorstellungen zugesellt sind, gehen immer leise Affecte aus, welche an der ganzen Beschaffenheit unseres inneren Zustandes betheiligt sind. Die Affecte verhalten sich also in dieser Beziehung ähnlich wie die Gefühle selbst. Ebenso sind ihre körperlichen Wirkungen in einem gewissen Grade immer zu finden. Wie die Affecte mit den Gefühlen gehen und kommen, steigen und sinken, so bilden äußere Bewegungen und der Innervationswechsel der Gefäß-, Herz- und Athmungscentren einen fortwährenden Reflex dieses Wechsels der Zustände des Bewusstseins. Auf diese Weise bieten die Ausdrucksbewe-

gungen und in verborgenerer Weise die wechselnden Verhältnisse der Blutvertheilung mit ihrem Einfluss auf die nutritiven Functionen ein treues Bild des nie rastenden Flusses der Gemüthsbewegungen.

Da sowohl die innere Beschaffenheit des Affectes wie seine körperliche Rückwirkung zunächst abhängt von der Kraft, mit welcher der affecterregende Eindruck ertragen wird, so weist uns dies schon auf den Vorgang der Apperception als die psychologische Quelle der Gemüthsbewegungen hin. In der That kann man wohl als einfachste Form eines Affectes den Zustand betrachten, der in uns bei der Auffassung eines unerwarteten Eindrucks entsteht. Eine erste Andeutung jener lähmenden Wirkung, welche ein plötzlicher starker Affect erzeugt, liegt in der Verlängerung der Reactionszeit, die man bei unerwarteten Reizen beobachtet[1]. Ein Affect einfachster Art entsteht also, wenn sich eine Vorstellung in den Blickpunkt unseres Bewusstseins drängt, für welche die Aufmerksamkeit nicht adaptirt ist. Eine ähnliche Wirkung verspüren wir aber auch, wenn zwar eine Anpassung an den Eindruck erfolgen kann, dieser jedoch so stark ist, dass in kurzer Zeit eine Erschöpfung der Apperception stattfinden muss. Hierin sehen wir die Hauptunterschiede des sthenischen und des asthenischen Affectes vorgebildet. Immer ist es ferner die momentane Anpassung an den Eindruck, welche das Stadium des Affectes bestimmt. Ueberströmend und in energischen Ausdrucksbewegungen sich Luft machend ist dieser in solchen Augenblicken, wo die Apperception den Eindruck beherrscht; lähmend wirkt er, wenn der Eindruck entweder plötzlich das Bewusstsein überwältigt, oder wenn dieses durch längeres Ankämpfen gegen ihn erschöpft ist. Die physiologischen Grundlagen des Affectes können wir daher in jenen theils hemmenden theils erregenden Wirkungen sehen, die vom Apperceptionscentrum ausgehen. Die Hemmung macht sich auch hier wieder als eine solche der Sinnescentren geltend, indem der affecterregende Eindruck stets die Empfindlichkeit gegen sonstige Eindrücke herabsetzt. Dagegen erhöhen mäßige Affecte zunächst die motorischen Miterregungen in solchem Maße, dass regelmäßig Rückwirkungen auf die Centren der Ernährungsorgane eintreten. So kommt es, dass der Affect mit unwiderstehlicher Macht Ausdrucksbewegungen, Veränderungen im Herzschlag, in der Athmung und den Absonderungen mit sich führt, und damit erklärt sich zugleich die lösende Wirkung dieser Folgezustände, welche die heftige Spannung von dem Centralorgan ableiten. Ist aber die Gewalt des Eindrucks zu stark, so äußert sich auch an den Bewegungsorganen die Wirkung jeder übermächtigen Reizung, die Lähmung.

Wenn man die geistigen und körperlichen Folgen eines stürmischen

---

1) Vgl. S. 352.

Affectes mit jenem einfachsten Fall zusammenhält, wo ein unerwarteter Eindruck verspätet appercipirt wird, so scheint freilich eine weite Kluft diese Zustände zu trennen. Dennoch ist dieselbe von den allmählichsten Abstufungen der Gemüthsbewegung ausgefüllt. Wir dürfen dabei nicht vergessen, dass sich in unserm entwickelten Seelenleben mannigfache Beziehungen der Vorstellungen ausgebildet haben, welche äußern Eindrücken und Erinnerungsbildern, die an und für sich von wenig Bedeutung wären, eine ungeheuere Macht verleihen durch die Rückwirkung, die sie auf in uns liegende Dispositionen zu Vorstellungen und Gefühlen äußern. Jener einfachste Affect der Ueberraschung verhält sich zu solchen complicirteren Gemüthsbewegungen etwa wie das ästhetische Gefühl, das von einer einfachen geometrischen Form ausgeht, zu der Wirkung eines Kunstwerkes. Wenn wir vor dem Schuss einer gegen uns abgefeuerten Pistole zusammenschrecken, so wird bei diesem verhältnissmäßig noch einfachen Affect die überraschende Wirkung des plötzlichen Eindruckes schon durch die momentan angeregte Vorstellung eigener Lebensgefahr verstärkt. Eine zugerufene Beleidigung regt zahlreiche Vorstellungen an, die auf die eigene Werthschätzung Bezug haben. Bei allen derartigen Unlustaffecten bedingt also der Eindruck eine Störung in den unser Selbstgefühl tragenden Vorstellungskreisen. Ein überraschendes Glück regt seinerseits diese Vorstellungen zu heftig an. In beiden Fällen drängen sich also mit dem Eindruck zahlreiche andere von starken Gefühlen begleitete Vorstellungen zum Bewusstsein, während wahrscheinlich zugleich jene das Gleichgewicht der Bewusstseinsfunctionen regulirenden Hemmungen um so mehr versagen, je stärker der Affect ist. Wie der vom heftigen Affect Ergriffene seiner eigenen Bewegungen nicht mehr mächtig ist, so verliert er auch die Herrschaft über seine Gefühle und Vorstellungen. Auf diese Weise kann, indem die erschöpfte Apperception ganz und gar der Herrschaft der Association unterliegt, ein Zustand vollständiger Ideenflucht eintreten. So erklärt sich einerseits die täuschende Aehnlichkeit maßloser Affecte mit dem Rasen des Wahnsinnigen, anderseits die Thatsache, dass die Hingebung an ungezügelte Affecte ebensowohl zur Seelenstörung, wie diese letztere, so lange der Zustand gesteigerter Reizbarkeit andauert, zu Affecten disponirt.

Von dem Affect unterscheidet sich der T r i e b als eine Gemüthsbewegung, die sich in äußere Körperbewegungen von solcher Beschaffenheit umzusetzen strebt, dass durch den Erfolg der Bewegung entweder ein vorhandenes Lustgefühl vergrößert oder ein vorhandenes Unlustgefühl beseitigt wird. Da auch der Affect Rückwirkungen auf die körperliche Bewegung ausübt, so ergibt sich schon hieraus die Verwandtschaft beider Gemüthsbewegungen. In der That ist jeder Trieb zugleich Affect; es

unterscheidet ihn von dem letzteren nur die unmittelbare Beziehung der von ihm verursachten äußern Bewegungen zur Verstärkung oder Ausgleichung des vorhandenen Gefühlszustandes. Dadurch gewinnt der Trieb in der äußern Erscheinung stets den Charakter einer auf die Zukunft gerichteten Gemüthsbewegung, auch wenn, wie z. B. bei der ersten Aeußerung angeborener Triebe, ein Bewusstsein des Erfolgs der Bewegung durchaus nicht vorauszusetzen ist. Die Intensität des erregenden Gefühls begründet die Stärke, die Beschaffenheit desselben die Richtung des Triebes. Nach den zwei Gegensätzen des Gefühls spaltet sich daher auch der Trieb in die Richtungen des Strebens und des Widerstrebens. Wie Gefühl und Affect, so hat auch der Trieb eine Indifferenzlage zwischen beiden Gegensätzen. Nahe dieser Indifferenzlage befinden wir uns z. B. in dem Zustande der einfachen Erwartung, wo überhaupt nur ein Eindruck erstrebt wird, die Beschaffenheit desselben aber gleichgültig ist.

Streben und Widerstreben bilden die Grundlagen aller Willenshandlungen. Die geistige Entwicklung des Menschen macht in dieser Beziehung keinen Unterschied. Sie hebt nicht die Triebe auf oder lehrt sie unterdrücken, sondern sie erweckt nur neue und höhere Formen derselben, welche über die in dem Thier und in dem Naturmenschen wirksamen immer mehr die Herrschaft erlangen. Nicht in der Freiheit von Trieben oder in ihrer Bezwingung besteht also die Errungenschaft der Cultur, sondern in einer Vielseitigkeit derselben, von der das Thier, bei dem das sinnliche Begehren alles Handeln lenkt, keine Ahnung hat. Diese wachsende Vielseitigkeit des Strebens begründet nun allerdings den wesentlichen Unterschied, dass mit ihr der Widerstreit verschiedener Triebe im Bewusstsein zunimmt, während das Thier und bis zu einem gewissen Grade auch noch der Naturmensch durch die sinnlichen Gefühle, welche die äußeren Eindrücke in ihnen erregen, meistens unmittelbar und eindeutig bestimmt sind. Doch können wir immerhin einen Streit zwischen verschiedenen Trieben zuweilen auch schon bei den intelligenteren Thieren beobachten. Der Hund z. B. schwankt zwischen dem Streben nach einer Fleischschüssel und dem Widerstreben vor der Strafe, die, wie er aus Erfahrung weiß, dem verbotenen Genusse zu folgen pflegt. Ein geringer äußerer Anlass, die drohend erhobene Hand des Herrn oder im Gegentheil eine ermunternde Bewegung, kann hier dem einen oder andern Antrieb zum Sieg verhelfen. Wird ein Streben durch entgegengesetzte Triebe oder durch äußere Hindernisse derart gehemmt, dass während einer längeren Zeit ein oscillirender Gemüthszustand entsteht, in welchem aber jenes Streben das vorhandene Totalgefühl bestimmt, so bezeichnen wir einen solchen Zustand als Begehren. Verbindet sich mit einem Begehren die Vorstellung, dass vorhandene objective Willenshindernisse die Triebhandlung unmöglich

machen, oder besteht auch nur ein dieser Vorstellung entsprechendes Widerstandsgefühl, so wird das Begehren zum Wunsch[1]).

Wie wir die Gefühle in zwei Hauptclassen scheiden können, in solche, die an die reine Empfindung gebunden sind, und in andere, die von den Vorstellungen ausgehen, so lassen sich auch die Triebe trennen in einfach sinnliche, die in einem Streben nach sinnlichen Lustgefühlen und in einem Widerstreben gegen sinnliche Unlustgefühle bestehen, und in höhere, die in den mannigfachen Gestaltungen der ästhetischen und intellectuellen Gefühle ihre Wurzel haben. Auch hier mangelt aber der entwickelteren Form nicht die sinnliche Grundlage. Das Kunstwerk, in welchem das sinnliche Gefühl getragen und beherrscht wird von einer sittlichen Idee, ist darin zugleich ein Vorbild der menschlichen Lebensführung.

Jedes Wesen bringt gewisse sinnliche Triebe als angeborene Anlagen zur Welt mit. Der Nahrungs- und Geschlechtstrieb zeigen sich in ihren ersten Aeußerungen gänzlich unabhängig von den vorausgegangenen Erfahrungen des individuellen Bewusstseins. Nicht bloß in ihrer allgemeinen Anlage sondern vielfach auch in ihren besonderen Gestaltungen erscheinen sie als angeborene Triebe. Die psychologische Theorie dieser thierischen Triebe, welche man auch als Instincte bezeichnet, schwankt zwischen zwei Extremen. Nach der einen Ansicht bringt das neugeborene Wesen schon die Vorstellungen, auf die sich sein Trieb bezieht, zur Welt mit. Dem Vogel schwebt das Nest, das er bauen soll, der Biene ihre Wachszelle als fertiges Bild vor. Die entgegengesetzte Auffassung betrachtet die instinctiven Handlungen ganz und gar als Erzeugnisse einer individuellen Erfahrung, wobei jedes Wesen theils durch das Beispiel anderer theils durch eigene Ueberlegung bestimmt wird. Beide Theorien verfehlen das Ziel, weil sie den Instinct für ein angeborenes oder erworbenes Erkennen halten und so das Wesen desselben in intellectuelle Vorgänge verlegen. DARWIN sieht die Instincte als Gewohnheiten an, die, durch natürliche oder künstliche Züchtung entstanden, sich auf die Nachkommen vererben, indem sie dabei unter Fortwirkung constanter Naturbedingungen verstärkt werden[2]). Mit Recht wird hier das Princip der Vererbung betont als ein wesentliches Moment der Erklärung. Aber die Gewohnheit, mit der schon CONDILLAC und F. CUVIER die Instincte verglichen[3]), ist ein unbestimmter Begriff, welcher den psychologischen Vorgang dunkel lässt. Denn es fragt sich, wie jene Gewohnheiten entstanden sind, die in ihrer Vererbung und Häufung die so außerordentlich ver-

1) Vgl. Phil. Stud. VI, S. 378 ff.
2) DARWIN, Ueber die Entstehung der Arten. Deutsch von BRONN, S. 247.
3) FLOURENS, De l'Instinct et de l'intelligence, p. 107. Vgl. auch TH. RIBOT, Die Erblichkeit. Deutsche Ausgabe. Leipzig 1876, S. 13 ff.

schiedenen Instincte der Thiere erzeugt haben. Der Hinweis auf die Einflüsse der Züchtung hebt nur gewisse äußere Lebensbedingungen hervor; die psychologische Frage richtet sich aber vor allem auf die inneren Bestimmungsgründe, die bei der ersten Entstehung instinctiver Handlungen wirksam waren, und die bei dem Wiederauftreten derselben in jedem einzelnen Individuum einer Species immer noch wirksam sein werden. Dieser Antrieb zur Ausführung der Instincthandlungen kann nun unmöglich in vererbten Vorstellungen liegen, welche als fertige Bilder vor dem Bewusstsein schweben. Denn erstens würde das Vorhandensein solcher Vorstellungen an und für sich das Hervortreten der Handlung noch gar nicht erklären; für diese müsste immer noch ein besonderer Antrieb vorausgesetzt werden. Zweitens bemerken wir in jenen Fällen, wo sich wirklich ein Trieb in seiner ursprünglichen inneren Natur verfolgen lässt, durchaus nichts von dem Vorhandensein bestimmter Vorstellungen[1]). Diese innere Entwicklung der Triebe können wir freilich nicht an den Instincten der Thiere, sondern nur an einigen Trieben des Menschen beobachten. Hier sehen wir nun, dass z. B. beim Geschlechtstrieb in seinen ersten dunkeln Regungen durchaus kein Bewusstsein eines bestimmten Zieles vorhanden ist; er wird nicht von den Vorstellungen beherrscht, sondern er bemächtigt sich gewisser Vorstellungen, die sich während der Entwicklung des individuellen Bewusstseins ihm bieten. In dieser Unbestimmtheit der ursprünglichen Triebe liegt zugleich der Keim zu den mannigfachen Verirrungen, denen sie unterworfen sind. Der Trieb in seiner ersten Aeußerung ist also ein Streben, welchem sein Ziel allmählich erst bewusst wird, indem es nach Erfüllung ringend äußere Eindrücke verarbeitet. Nichtsdestoweniger sind gewisse Sinnesreize schon zum ersten Hervorbrechen der Triebe erforderlich; aber diese Sinnesreize stehen zu den Vorstellungen, deren sich der Trieb bemächtigt, in keiner bestimmten Beziehung, denn sie bewirken überhaupt keinerlei Vorstellungen, sondern lediglich sinnliche Empfindungen und Gefühle. Der Nahrungstrieb des Säuglings entspringt weder aus dem Anblick der Mutterbrust noch aus der Vorstellung der Nahrung, sondern aus einem dumpfen Hungergefühl, das alle jene Bewegungen hervorruft welche schließlich die Stillung des Triebes bewirken. Ist auf diese Weise öfter einmal der Trieb des Kindes befriedigt worden, dann wird sich allerdings allmählich die dunkle Vorstellung der äußern Objecte, die sich dabei darbieten, und seiner eigenen Bewegungen hinzugesellen, und es wird so mit dem Hungergefühl zugleich das reproducirte Bild aller dieser Eindrücke auf die Erfüllung des Begehrens hindrängen. So erklärt es sich denn leicht, dass diese einfachsten Instincthandlungen schon, so sehr sie

1) Vgl. hierzu Cap. XV, S. 261 ff.

auch ursprünglich angeboren sind, doch sichtlich durch Uebung vollkommener werden.

Nicht anders werden wir uns nun die individuelle Entstehung der Instincte bei den Thieren denken müssen. In dem jungen Vorstehehund, der zum ersten Male zur Jagd geht, und der bei der Witterung des Wildes alsbald von dem unwiderstehlichen Trieb zum Stellen erfasst wird, existirte bis zu diesem Augenblick noch keine Vorstellung von dem Wilde. Wahrscheinlich sind es bestimmte Gesichts- und Geruchsreize, die jenen Trieb momentan in ihm losbrechen lassen. Auch hier kann aber der Instinct in seinen ersten Aeußerungen irre gehen, wie denn z. B. Darwin[1]) berichtet, dass zuweilen junge Vorstehehunde vor andern Hunden stehen, was dem erfahreneren Thiere nicht mehr begegnet. Ebenso werden den Vogel körperliche Reize, die von den Organen der Fortpflanzung ausgehen, zu einer bestimmten Zeit seines Lebens antreiben die Vorbereitungen zum Nestbau zu treffen. Das zum ersten Mal bauende Thier weiß nichts von dem Neste und den Eiern, die es hineinlegen wird: die Vorstellung entsteht erst, indem der Trieb zu seiner Erfüllung gelangt; der Trieb selber geht aber wieder von gefühlsstarken Gemeinempfindungen aus, die von jener Vorstellung nicht das geringste enthalten. In andern Fällen werden wohl die Reize, welche die Instincte erwecken, sogleich mit dem Beginn des selbständigen Lebens wirksam und bleiben es fortwährend. Schon Reimarus hat hervorgehoben, dass die körperliche Bewegung und andere Lebensvorgänge als einfache Triebäußerungen betrachtet werden können[2]). Selbst der Mensch bringt den Trieb zur Bewegung oder vielmehr die Eigenschaft, den Trieb durch äußere Sinnesreize zu entwickeln, zur Welt mit, und ohne diese Anlage würde er niemals die Bewegung erlernen. Das Erlernen selbst geht, sogar bei den Ortsbewegungen, die sich am langsamsten ausbilden, theils aus eigener Triebäußerung theils aus den dabei einwirkenden Eindrücken und Erfahrungen hervor. Bei zahlreichen Thieren aber ist die Fertigkeit der Bewegung in dem Moment, wo sie ins Leben treten, schon vollständig ausgebildet. Das junge Hühnchen, dem noch die Eischale auf dem Rücken klebt, und das eben geborene Kalb stehen und gehen ohne weitere Uebung und Anleitung. Trotzdem kann man auch hier nicht sagen, dass das Thier den actuellen Trieb zur Welt mitbringe. Im Ei und im Fruchthalter hat sich dieser Trieb noch nicht geregt. Also können erst die äußern Reize, die im Moment der Geburt ihre Einwirkung beginnen, die Erweckung desselben verursachen. Er ist aber schon in seinen ersten Aeußerungen so sicher, dass die individuelle

---

1) A. a. O. S. 223.

2) Reimarus, Allgemeine Betrachtungen über die Triebe der Thiere, hauptsächlich über ihre Kunsttriebe. Hamburg 1760, S. 2 ff.

Uebung verhältnissmäßig wenig hinzufügen kann. Wir müssen daher nothwendig annehmen, dass in der angeborenen, von den vorausgegangenen Generationen erworbenen Bildung des Nervensystems die fertige Disposition zu jenen Bewegungen liege, die nur der Erregung durch den von äußeren Sinnesreizen erweckten Trieb bedarf, um in volle Wirksamkeit zu treten. Bei den Instincthandlungen fällt also der individuellen Entwicklung im ganzen ebenso viel und ebenso wenig zu wie bei der sinnlichen Wahrnehmung. Die Anlage bringt das einzelne Wesen vollständig vorgebildet mit; zur wirklichen Function ist aber die Einwirkung der Sinnesreize erforderlich. Beide Fälle sind in der That nahe verwandt. Auch die Function der Sinnesorgane ist an Bewegungen gebunden, welche aus einem inneren Naturtriebe hervorgehen. Ebenso ist das Maß individueller Ausbildung, welches zu der angeborenen Anlage hinzukommen muss, für die Sinneswahrnehmungen und die Instincthandlungen das gleiche. Je weniger der Instinct der Vervollkommnung durch eigene Lebenserfahrung bedarf, um so fertiger tritt von Anfang an auch die sinnliche Wahrnehmung auf. Der Mensch wird in beiden Beziehungen verhältnissmäßig unfertig geboren; selbst die einfachsten Bewegungen und Wahrnehmungen, deren die meisten Thiere alsbald mächtig sind, muss er allmählich erst ausbilden. Es ordnet sich aber diese Thatsache einer wie es scheint, allgemein im Thierreich zu beobachtenden Regel unter. Je einfacher die Organisation des centralen Nervensystems ist, um so sicherer vorgebildet sind jene ererbten Dispositionen, auf welchen die ersten Aeußerungen der Sinneswahrnehmungen und der Triebe beruhen. Je verwickelter dagegen der Bau des Gehirns ist, um so breiter wird der Spielraum, welcher der individuellen Ausbildung bleibt; um so größer sind nun aber auch die individuellen Unterschiede, die sich in allen psychischen Functionen, von den einfachsten Bewegungen an, geltend machen. Diese Wechselwirkung ist im allgemeinen leicht begreiflich. Bei einer vielseitigen Anlage eines Wesens muss zugleich der individuellen Entwicklung ein größerer Raum geboten sein, und gleichzeitig damit muss nothwendig die Determination durch Vererbung geringer werden.

Gemäß dem Gesetz der Vererbung und dem Princip der Anhäufung bestimmter Eigenthümlichkeiten unter dem Einfluss gleichmäßig fortwirkender Bedingungen haben wir alle irgendwie zusammengesetzteren Instincte als Producte einer Entwicklung zu betrachten, deren Ausgangspunkte noch gegenwärtig in den einfachsten Triebäußerungen niederer Thiere uns vorliegen. Je einfacher solche Triebäußerungen sind, um so mehr nähern sie sich der Reflexbewegung oder jener Bewegung, die als unmittelbarer mechanischer Erfolg äußerer Reize auf das Nervensystem auftritt, und die in der centralen Verbindung bestimmter sensorischer

und motorischer Fasern ihren physiologischen Grund hat. Dies bestätigt sich auch darin, dass jeder angeborene Trieb immer zu seiner ersten Aeußerung gewisser Sinnesreize bedarf. Es bleibt nur der wesentliche Unterschied von dem eigentlichen Reflex, dass sich der letztere ohne Bewusstsein vollzieht, während bei der Triebhandlung zugleich eine mit ausgeprägtem Gefühlston behaftete Empfindung im Bewusstsein steht[1]).

Die weitere Entwicklung der Triebe beruht nun darauf, dass bei der besonderen Gestaltung derselben den Vorstellungen und den an die Apperception der Vorstellungen geknüpften associativen und intellectuellen Processen eine wichtige Rolle zufällt. Es braucht, um diesen Einfluss anzuerkennen, nur auf die mannigfaltigen Aeußerungen der verschiedenen thierischen Instincte hingewiesen zu werden. Wenn die meisten Beobachter eine Erklärung der Instincte aus Verstandeshandlungen zurückwiesen, so ist dies in der That nicht deshalb geschehen, weil etwa in solchen Instincten, wie in dem Bautrieb des Bibers und der Biene, in den Vereinigungen der Ameisen und Termiten u. s. w., kein Verstand zu finden wäre, sondern weil man im Gegentheil davon zu viel darin gefunden hat, so dass derselbe, wenn man ihn als einen individuellen Erwerb betrachten wollte, mitunter als etwas den höchsten menschlichen Leistungen Ebenbürtiges geschätzt werden müsste[2]). So ist es denn begreiflich, dass man sich lieber entschloss, in dem instinctiven Thun der Thiere die Aeußerung einer ihnen fremden Intelligenz zu sehen. Diese Deutung scheitert aber, abgesehen von ihrer sonstigen psychologischen Unwahrscheinlichkeit, an der gar nicht abzuleugnenden Thatsache, dass das Thier bei seinen instinctiven Handlungen nebenbei immer von individuellen Erfahrungen bestimmt wird, wodurch es nicht selten einen gewissen Grad von Ueberlegung und Voraussicht an den Tag legt, wie solche an verhältnissmäßig einfache Vorstellungsassociationen geknüpft werden können[3]). Man müsste also an jene fremde Intelligenz die unerhörte Zumuthung stellen, dass sie dem Thiere nicht bloß im allgemeinen sein instinctives Thun vorzeichne, sondern dasselbe auch in jedem einzelnen Fall dabei lenke und immer wo möglich das richtige Mittel zum Zweck ergreifen lasse. Wie würde es aber damit zusammenstimmen, dass die Thiere in solchen individuellen Intelligenzäußerungen doch wieder sehr häufig sich irren und in der

1) Vgl. Abschn. V, Cap. XXI.
2) Vgl. AUTENRIETH, Ansichten über Natur- und Seelenleben, S. 171.
3) Vgl. meine Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2. Aufl., S. 419 ff., außerdem die speciellen Schriften über Thierpsychologie, namentlich: A. ESPINAS, Die thierischen Gesellschaften. Deutsche Ausgabe, Braunschweig 1879. G. H. SCHNEIDER, Der thierische Wille. Leipzig (1880). ROMANES, L'Intelligence des animaux. 2me édit. Paris 1889, I, II. Geistige Entwicklung im Thierreich. (Mit einer nachgelassenen Arbeit DARWIN's über den Instinct.) Deutsche Ausg. Leipzig 1885.

gröbsten Weise getäuscht werden können? Hierdurch verräth sich eben jene Intelligenz als eine außerordentlich beschränkte, die nur die nächsten Erfolge im Auge hat, und die nur wegen des engen Horizonts, in welchen die Vorstellungen gebannt sind, in ihren Aeußerungen eine gewisse Vollkommenheit erreichen kann. Das Räthsel dieser Intelligenz im Instincte schwindet, wenn wir auch sie als eine Erwerbung zahlloser Generationen betrachten, zu der jede einzelne nur einen unendlich kleinen Beitrag geliefert hat. In der That sehen wir die Entwicklungsstufen des Instinctes, welche hier vorausgesetzt werden müssen, noch heute zum Theil in den verschiedenen Arten einer und derselben Familie oder Ordnung des Thierreichs neben einander bestehen. So bildet der kunstlose Bau der Wespen und Hummeln offenbar eine Vorstufe zu den verwickelteren Einrichtungen des Bienenstocks.

Dass die höheren intellectuellen und moralischen Triebe, die sich nur in dem menschlichen Geiste ausbilden, ebenfalls in gewissem Grade dem Gesetz der Vererbung unterworfen sein können, lässt sich wohl nicht bestreiten[1]. Auch pflegt das allgemeine Urtheil den moralischen Trieben sogar eine größere Tendenz zur Vererbung zuzugestehen als der intellectuellen Anlage. Dabei ist freilich die Unsicherheit aller dieser Beobachtungen und der in der Regel im gleichen Sinne wirksame Einfluss der Erziehung nicht zu übersehen. Von vornherein ist es wahrscheinlich, dass Triebe, deren Existenz eine höhere intellectuelle und moralische Entwicklung voraussetzt, in der ursprünglichen Organisation minder fest determinirt sein werden als die sinnlichen Begehrungen, die in früher Lebenszeit schon hervorbrechen und nur gewisser äußerer Reize zu ihrer Entstehung bedürfen. Anderseits gibt der genetische Standpunkt jener optimistischen Auffassung, welche die Menschheit im ganzen der Vervollkommnung zustreben lässt, eine kräftige Stütze, indem er neben dem in Sitten und Ueberlieferungen niedergelegten Erwerb früherer Geschlechter eine Veredlung der ursprünglichen Anlage für möglich hält, womit freilich mannigfache Schwankungen in auf- und absteigender Richtung keineswegs ausgeschlossen sind. Für eine Zeit, so gut wie für ein Individuum, liegt also darin höchstens das Vorrecht, dass sie besser sein **kann** und **soll** als die ihr vorausgehende, aber nicht im mindesten der Anspruch, dass sie wirklich auch besser **ist**.

Jeder geistige Inhalt kann, wie er Gefühle und Affecte mit sich führt, so auch Triebe erregen. Diese selbst sind zugleich fortwährend von Gefühlen und Affecten begleitet. Denn Streben und Wiederstreben anticipiren ihren Gegenstand in der Vorstellung, so dass die Gefühle und Affecte,

---

1) Ribot, Die Erblichkeit, S. 93 ff.

welche derselbe anregt, sofort mit dem Trieb sich verbinden. Hieraus erklärt es sich, dass die Sprache für diese drei Zustände insgemein übereinstimmende Ausdrücke wählt. Der Abscheu ist gleichzeitig Gefühl und Affect wie widerstrebender Trieb. Wir reden von der Lust als einem Gefühl; wenn wir aber »Lust zu etwas haben«, so meinen wir damit ein Begehren. Auch insofern behandelt die Sprache die drei Zustände übereinstimmend, als sie zahlreiche Ausdrücke für die Gefühle, Affecte und Strebungen der Unlust gebildet hat, während die erfreuenden Gemüthsstimmungen dagegen zu kurz kommen. Diese Erscheinung hat wohl weniger darin ihren Grund, dass der Mensch vorzugsweise seine Unluststimmungen sorgsam beobachtet[1]), als vielmehr darin, dass die Gefühle der Lust wirklich eine größere Gleichförmigkeit besitzen. Besonders bei den sinnlichen Gefühlen ist dies deutlich. Der Schmerz hat nicht nur viele Stärkegrade, sondern auch je nach seinem Sitz mancherlei Färbungen; aber das gehobene Gemeingefühl ist wenig veränderlich.

In seiner psychologischen Entstehungsweise bildet der Trieb den Gegensatz oder auch, wenn man will, die Ergänzung zum Affecte. Dieser beginnt mit der unmittelbaren Einwirkung gegenwärtiger Gefühle auf den Verlauf der Vorstellungen. Der Trieb dagegen ist eine durch Gefühle entstandene Veränderung dieses Verlaufes, welche auf eine äußere Bewegung und mittelst derselben auf die zukünftige Herbeiführung oder Vermeidung gewisser Gefühle gerichtet ist. Deutlich spricht dieses Verhältniss in den einfachsten Formen von Affect und Trieb, in den Zuständen der Ueberraschung und der Erwartung, sich aus[2]). Jede Spannung der Apperception, wodurch sich diese einer zu erfassenden Vorstellung zuwendet, ist eine elementare Triebäußerung, die sich als Streben oder Widerstreben gestaltet, wenn der Inhalt der Vorstellung Anlass gibt zu Gefühlen der Lust oder Unlust. In diesem weiteren Sinne könnte man also die ganze Bewegung der Aufmerksamkeit, welche den Verlauf der Vorstellungen durch den Blickpunkt des Bewusstseins bestimmt, eine Triebäußerung nennen. In der That findet sich von jenem Streben von einem Eindruck zum andern, welches dem gewöhnlichen Verlauf unserer Vorstellungen zu Grunde liegt, bis zu den heftigsten Aeußerungen des Triebes eine stetige Reihe von Uebergangszuständen. Streng genommen ist so in jedem Augenblick in uns ein Trieb ebensowohl wie ein Gefühl und ein Affect; aber aus allen den leise anklingenden Gemüthszuständen heben wir in der Regel die stärkeren hervor, nach denen wir die ganze Gemüthslage bestimmen, indem wir so bald das Gefühl bald den Affect bald

---

1) L. George, Lehrbuch der Psychologie, S. 116.
2) Siehe oben S. 506.

den Trieb als das herrschende in uns anerkennen. Als physiologische Grundlage des Strebens und Widerstrebens können wir endlich nach dem ganzen Wesen dieser Zustände jene motorische Innervation ansehen, welche die Spannung der Apperception begleitet[1]). Diese Innervation erfolgt bei den angeborenen Trieben reflectorisch, indem dabei bestimmte Verbindungen innerhalb der nervösen Centralorgane, zu denen eine durch frühere Generationen allmählich erworbene Disposition besteht, in Wirksamkeit treten. Andere Verbindungen werden erst unter dem Einflusse individueller Erlebnisse sich ausbilden. Bei den höheren Trieben vollends werden gewisse Complexe von Vorstellungen den inneren Reiz bilden, der die Erregung verursacht. Diese Erregung selbst bleibt in vielen Fällen, wo die Strebungen nur innerlich verarbeitet werden, auf die Vorstellungen beschränkt. Bei den ursprünglicheren Formen des Triebes dagegen geht sie immer zugleich auf motorische Bahnen über: es entstehen Ausdrucksbewegungen oder zusammengesetzte Handlungen; so namentlich bei den Instincten der Thiere und theilweise auch noch bei den sinnlichen Trieben des Naturmenschen, wo der Erweckung des Triebes unmittelbar Folge gegeben wird in der äußern Bewegung.

Diese Beziehung zur äußern Bewegung veranlasst uns in der Regel, die Triebe nicht bloß nach den Gefühlen, von denen sie ausgehen, sondern gleichzeitig nach den Zwecken zu classificiren, auf die sie gerichtet sind, wobei freilich diese Zwecke im allgemeinen bloß als Gesichtspunkte unserer Beurtheilung und nur bei den entwickelteren Triebformen zugleich als Motive gelten dürfen, die auch im Bewusstsein der handelnden Wesen vorhanden sind. Nach dieser teleologischen Auffassung lassen sich zwei Grundformen unterscheiden, die wieder in zahlreiche Unterformen mit je nach der Natur des zu Grunde liegenden Gefühls wechselnden Färbungen des Strebens und Wiederstrebens zerfallen: der Selbsterhaltungstrieb und der Gattungstrieb. Der erstere umfasst alle diejenigen Triebe, die auf die Erhaltung des eigenen Seins gerichtet sind und nach ihren hauptsächlichsten Aeußerungen wieder in Nahrungstriebe und Schutztriebe zerfällt werden können[2]). Die Schutztriebe, deren primitivste Form in dem reflexartig erfolgenden Zurückziehen des Körpers oder eines Körpertheils vor einem äußeren Reize gegeben zu sein scheint . greifen zum Theil in das Gebiet der Gattungstriebe über, indem die Gewohnheiten des Höhlen- und Nestbaues der Thiere nicht selten gleichzeitig den Bedürfnissen des Schutzes und der Brutpflege dienen. Die Gattungs-

1) S. 270 f.

2) Vgl. hierzu die ausführliche Classification, welche G. H. Schneider auf Grund der Beobachtung der Triebhandlungen aufgestellt hat: Der thierische Wille, S. 397

3) G. H. Schneider, Vierteljahrsschrift f. wiss. Philosophie, III, S. 476 und 294

triebe können sodann in drei Unterclassen geschieden werden: die Geschlechtstriebe, die elterlichen und die socialen Triebe. Wie für die Schutztriebe die einfache Rückzugsbewegung, so bildet wahrscheinlich für die Gattungstriebe der Trieb der Vereinigung zwischen Individuen der nämlichen Species, wie er schon bei den niedersten Protozoen sich äußert, den Ausgangspunkt einer Entwicklung, für deren weitere Stufen das wechselseitige Ineinandergreifen der Schutz- und Gattungstriebe wohl vielfach bestimmend war. Nicht nur scheinen, wie schon angedeutet, auf diesem Wege die elterlichen Triebe entstanden zu sein, sondern es führen insbesondere auch die socialen Triebe, die in der Vereinigung von Wesen der nämlichen Gattung zu gemeinsamen Zwecken des individuellen Schutzes und der Brutpflege bestehen, sichtlich auf eine derartige Verbindung zurück. So sind die socialen Triebe in ihren primitiven Formen die frühesten, während sie in ihren vollkommeneren Gestaltungen am spätesten zur Entwicklung gelangen; zugleich ist vorzugsweise an sie die Entwicklung sittlicher Gefühle und Triebe gebunden[1]). Das Thierreich lässt nur unvollkommene Anfänge socialer Triebe in den transitorischen Vereinigungen gewisser Thiere zu Wanderzwecken sowie in den bleibenden Verbindungen der Bienen, Ameisen, Termiten u. a. zu Zwecken des Schutzes und der Brutpflege erkennen. Die Bezeichnung dieser Vereinigungen als Thierstaaten ist, wie A. Espinas mit Recht bemerkt hat, eine ungeeignete und irreleitende, da bei jenen Verbindungen die gemeinsame Brutpflege der herrschende Zweck ist, so dass sie psychologisch dem Begriff der Familie, nicht dem des Staates unterzuordnen sind[2]). Ein für gewisse Seiten der psychischen Entwicklung sehr wichtiger Trieb, den wir ebenfalls den socialen Trieben anreihen können, begegnet uns endlich in dem Nachahmungstrieb. Bei allen in Herden und Schwärmen lebenden Thieren nehmen wir wahr, dass ausgeführte Bewegungen, ausgestoßene Lock- und Warnungsrufe sich ausbreiten. Die Jungen ahmen die Handlungen ihrer elterlichen Thiere nach. Der Jagdhund folgt bei seinen ersten Uebungen dem Beispiel seiner älteren Genossen. Auf die specielle Bedeutung dieses Nachahmungstriebes für die geistige Entwicklung des Menschen werden wir an einer späteren Stelle zurückkommen[3]).

Die ältere Psychologie ordnete die Affecte unter das Begehrungsvermögen, indem sie dieselben als ein heftiges Begehren oder Widerstreben auffasste[4]).

---

1) Vgl. meine Ethik, 2. Aufl. Abschn. I, S. 104 ff.

2) A. Espinas, Die thierischen Gesellschaften. Deutsch von W. Schlösser. Braunschweig 1879, S. 331 ff. Vgl. hierzu meine Bemerkungen über Thierpsychologie, Essays, S. 182 ff.

3) Vgl. Abschn. V, Cap. XXI und XXII.

4) Wolff, Psychol. empir. § 603.

Dieses letztere galt zwar als ein besonderes Seelenvermögen, wurde aber doch der Erkenntnisskraft untergeordnet, indem man dasselbe aus der Erkenntniss des Guten und Schlechten ableitete[1]). KANT behielt in seiner Anthropologie diese Eintheilung der WOLFF'schen Psychologie bei, trennte jedoch durch seine Definition des Affects diesen von der Begierde. Affect ist nämlich nach ihm das Gefühl einer Lust oder Unlust im gegenwärtigen Zustand, welches im Subject die Ueberlegung nicht aufkommen lässt[2]). Der Affect ist also bei KANT nicht mehr, wie bei WOLFF, ein starkes Begehren, sondern ein starkes Gefühl, welches insbesondere auch körperliche Bewegungen hervorbringe, in denen sich hauptsächlich die aufgehobene Ueberlegung verrathe. HERBART erkannte, dass Affect und Begehren in dem Verlauf der Vorstellungen sich äußern. Während er das Gefühl in eine ruhende Spannung der Vorstellungen verlegt, sollen diese bei dem Affect beträchtlich vom Zustand des Gleichgewichtes entfernt sein, wobei entweder ein zu großes Quantum des wirklichen Vorstellens ins Bewusstsein dringe (bei den sthenischen Affecten), oder aus letzterem ein größeres Quantum verdrängt werde, als wegen der Beschaffenheit der vorhandenen Vorstellungen eigentlich sein sollte[3]). HERBART selbst hebt hervor, dass nicht die Affecte es seien, die hierbei die Vorstellungen regieren, sondern dass vielmehr aus den Vorstellungen erst die Affecte entsprängen. Wenn wir nun aber nach den Eigenschaften der Vorstellungen uns umsehen, die Affecte verursachen können, so finden wir uns dabei immer auf Gefühle hingewiesen. Die ältere Psychologie hatte also mit Recht Gefühl und Affect in eine nahe Beziehung gesetzt; sie hatte jedoch darin geirrt, dass sie zwischen beiden nur einen Intensitätsunterschied kannte, während für den Affect vielmehr die Rückwirkung des Gefühls auf den Verlauf der Vorstellungen das wesentliche ist. HERBART sieht dagegen einseitig in diesem letzteren allein schon den ganzen Affect, setzt also denselben, ebenso wie das Gefühl, in eine formale Beziehung zwischen den Vorstellungen, während doch erst das Verhältniss zum appercipirenden Bewusstsein die ganze qualitative Mannigfaltigkeit der Gefühle und Affecte erklärt. Was die letzteren betrifft, so ist endlich nicht zu übersehen, dass sich uns das Gefühl und seine Rückwirkung auf den Verlauf der Vorstellungen immer als ein zusammenhängender Vorgang zu erkennen gibt, daher diejenigen Affecte, welche die praktische Psychologie unterscheidet, ihre Bezeichnung hauptsächlich den zu Grunde liegenden Gefühlen verdanken.

Das Begehren besteht nach HERBART in dem Aufstreben einer Vorstellung gegen die ihr widerstreitenden Gegensätze oder auch in ihrem Widerstreben gegen solche[4]). Hier fällt, wie mir scheint, das Ungenügende der HERBART'schen Apperceptionstheorie besonders deutlich in die Augen. Es kann vorkommen, dass sich eine Vorstellung aus irgend einer Ursache, z. B. weil sie uns einen tiefen Eindruck gemacht hat, immer und immer wieder in den Vordergrund des Bewusstseins drängt. Einen solchen Zustand nennen wir aber noch lange kein Begehren. Zu diesem ist vielmehr erforderlich, dass unsere Apperception von sich aus unter dem Einfluss irgend einer äußeren oder inneren

1) Ebend. § 509 seq. Vgl. auch I, S. 14.
2) KANT, Anthropologie, a. a. O. S. 170 f.
3) HERBART, Psychologie als Wissenschaft, § 106. Werke, VI, S. 97 ff.
4) HERBART a. a. O. § 104, S. 73 ff.

Reizung die Vorstellung oder eine auf Realisirung derselben gerichtete Bewegung zu erzeugen strebe. Diesem Gesichtspunkt fügen sich auch jene angeborenen Triebe, die sich unmöglich auf anstrebende Vorstellungen zurückführen lassen, da solche bei der ersten Regung des Triebes offenbar noch gar nicht existiren.

3. Die Temperamente.

Die Schilderung der einzelnen Affecte und Triebe liegt außerhalb der Grenzen dieser Darstellung; doch haben wir hinzuweisen auf die eigenthümlichen individuellen Dispositionen der Seele zur Entstehung der Gemüthsbewegungen. Diese Dispositionen sind die Temperamente. Was die Erregbarkeit in Bezug auf die sinnliche Empfindung, das ist das Temperament in Bezug auf Trieb und Affect. Wie wir eine dauernde Erregbarkeit und daneben fortwährende Schwankungen derselben unterscheiden können, so zeigt sich auch das Temperament theils als ein dauerndes theils in der Form wechselnder Temperamentsanwandlungen, die von äußern und innern Ursachen abhängen können. Die uralte Unterscheidung der vier Temperamente, welche die Psychologie den medicinischen Theorien des Galen entlehnte, ist aus einer feinen Beobachtung der individuellen Verschiedenheiten des Menschen entsprungen[1]. Sie hat auch heute ihre Brauchbarkeit nicht eingebüßt, wenngleich die Vorstellungen, aus denen einst die Namen des sanguinischen, melancholischen, cholerischen und phlegmatischen Temperamentes hervorgingen, längst beseitigt sind. Charakteristischer als diese an die alten Galen'schen Theorien erinnernden Ausdrücke sind übrigens die Verdeutschungen, welche Kant[2]) gebraucht: leicht- und schwerblütig, warm- und kaltblütig. Auch die Viertheilung der Temperamente lässt sich noch rechtfertigen, weil wir in dem individuellen Verhalten der Affecte und Begehrungen zweierlei Gegensätze unterscheiden können: einen ersten, der sich auf die Stärke, und einen zweiten, der sich auf die Schnelligkeit des Wechels der Gemüthsbewegungen bezieht. Zu starken Affecten neigt der Choleriker und Melancholiker, zu schwachen der Sanguiniker und Phlegmatiker. Zu raschem Wechsel ist der Sanguiniker und Choleriker, zu langsamem der Melancholiker und Phlegmatiker disponirt[3]. In diesen Verhältnissen scheint mir

1) Ueber die Geschichte der Temperamentenlehre in der Medicin vgl. Henle, Anthropologische Vorträge. Erstes Heft. Braunschweig 1876, S. 118 ff.

2) Anthropologie. Werke, VII, 2, S. 216 f.

3) Unterscheiden wir demnach starke und schwache, schnelle und langsame Temperamente, so übersieht man die ganze Eintheilung in folgender Tafel:

	Starke	Schwache
Schnelle	Cholerisch	Sanguinisch
Langsame	Melancholisch	Phlegmatisch.

mehr als, wie KANT meinte, in der Beziehung zu Gefühl oder Handlung das Wesen der Temperamente zu liegen. Auch die sonstigen Eigenthümlichkeiten derselben lassen sich leicht mit diesen zwei Hauptgegensätzen in Zusammenhang bringen. Bekanntlich geben sich die starken Temperamente, das cholerische und melancholische, mit Vorliebe den Unluststimmungen hin, während die schwachen als eine glücklichere Begabung für die Genüsse des Lebens gelten. Dies hat seinen Grund in jener Erfahrung, auf welche die pessimistische Weltansicht so großen Werth legt, dass die Summe der kleinen Leiden, von welchen unsere Existenz umgeben ist, auf denjenigen, der durch schwache Eindrücke in starken Affect geräth, im ganzen eine größere Wirkung üben muss, als die erfreulichen Seiten des Daseins. Der Pessimismus beruht daher insgemein auf einer individuellen Temperamentseigenthümlichkeit, die dann freilich auch den ethischen Werth des Lebens nach ihrem dem Affect entlehnten Maßstabe zu schätzen liebt. Die beiden raschen Temperamente, das sanguinische und cholerische, geben sich ferner mit Vorliebe den Eindrücken der Gegenwart hin; denn ihre schnelle Beweglichkeit macht sie bestimmbar durch jede neue Vorstellung. Dem gegenüber sind die beiden langsamen Temperamente mehr auf die Zukunft gerichtet. Nicht abgezogen durch jeden zufälligen Reiz, nehmen sie sich Zeit den eigenen Gedanken nachzugeben. Der Melancholiker vertieft sich in die Gefühle, die eine freudelos erwartete Zukunft in ihm anregt; der Phlegmatiker hält in zäher Ausdauer an einmal begonnenen Entwürfen fest. Endlich lässt auch KANT's Unterscheidung diesem Rahmen sich einfügen. Das schnelle Temperament bedarf der Stärke, das schwache der Langsamkeit, wenn beide nicht in der bloß hingebenden Haltung gegenüber den wechselnden Eindrücken aufgehen sollen. So treten beide als Temperamente der Thätigkeit denen des Gefühls, dem sanguinischen und melancholischen, gegenüber.

Man hat mit Recht bemerkt, dass die individuelle Bestimmtheit des Temperaments auch noch auf größere Gruppen gleichartig angelegter Wesen sich ausdehnen lässt. So zeigen die Menschenrassen, die einzelnen Völker und unter diesen wieder die provinziellen Abzweigungen charakteristische Temperamentsunterschiede. Nicht minder treffen wir dieselben bei den geistig entwickelteren Ordnungen, Familien und Arten des Thierreichs zum Theil in sehr scharf ausgeprägter Weise, die in höherem Grade als beim Menschen die individuellen Färbungen ausschließt[1]). Da jedes Temperament seine Vorzüge und Nachtheile hat, so besteht für den Menschen die wahre Kunst des Lebens darin, seine Affecte und Triebe so zu beherrschen, dass er nicht ein Temperament besitze, sondern alle in sich

1) L. GEORGE, Lehrbuch der Psychologie, S. 136 f.

vereinige. Sanguiniker soll er sein bei den kleinen Leiden und Freuden des täglichen Lebens, Melancholiker in den ernsteren Stunden bedeutender Lebensereignisse, Choleriker gegenüber den Eindrücken, die sein tieferes Interesse fesseln, Phlegmatiker in der Ausführung gefasster Entschlüsse.

4. Intellectuelle Gefühle.

Als intellectuelle Gefühle wollen wir hier alle diejenigen Gemüthsbewegungen bezeichnen, welche die apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen begleiten. Zu den letzteren verhalten sie sich ähnlich wie die Affecte zu den Associationen, namentlich insofern als sie einerseits als die Producte bestimmter Apperceptionsprocesse erscheinen, anderseits aber in den Verlauf derselben bestimmend eingreifen. Wo sich diese Rückwirkung in energischer Weise geltend macht, da gewinnen dann solche Gefühle einen affectartigen Charakter. Eine ausführliche Erörterung der intellectuellen Gefühle liegt außerhalb des Bereichs dieser Darstellung, da sie theils der descriptiven Psychologie zugehört, theils unmittelbar in die Gebiete der angewandten psychologischen Disciplinen hinüberführt. Wir beschränken uns hier auf die Hervorhebung der allgemeinen Entstehungsbedingungen.

Die relativ einfachste Form tritt uns in jenen Gefühlen entgegen, die den Denk- und Erkenntnissprocess begleiten, und die wir darum als die logischen Gefühle bezeichnen wollen. Jede Verbindung zweier logisch zusammengehöriger Vorstellungen ist von einem Gefühl der Uebereinstimmung begleitet; gegen den Versuch widerstreitende Begriffe zu verknüpfen erhebt sich das Gefühl des Widerspruchs. Handelt es sich nicht um einen einzelnen Denkact sondern um einen zusammengesetzten Erkenntnissprocess, so entstehen aus den Gefühlen der Uebereinstimmung und des Widerspruchs die der Wahrheit und Unwahrheit, zwischen denen der Zweifel als eine unentschiedene Gemüthslage steht. Durch alle diese Gefühle entstehen außerdem Affecte von eigenthümlicher Färbung, in welchen das Gelingen oder Misslingen der Gedankenverbindungen, die Leichtigkeit oder Anstrengung des Gedankenlaufs sich ausprägt. In einem Stadium des Denkens, in welchem wir durchaus noch nicht im Stande sind die logischen Beweismittel für ein intellectuelles Resultat mit Sicherheit aufzuzeigen, wird dieses in der Regel schon von dem Gefühl vorausgenommen. (Vgl. oben S. 500.) In diesem Sinn ist das Gefühl der Pionier der Erkenntniss. Auf ihm beruht jener logische

Takt des praktischen Menschenverstandes wie des wissenschaftlichen Denkens, welcher dem Instinct so verwandt erscheint.

Das logische Gefühl bezieht sich auf die Objecte unseres Denkens und ihr gegenseitiges Verhältniss. Aus dem subjectiven Bewusstsein unserer Denkacte und Handlungen entspringt eine zweite Form intellectueller Gefühle: die ethischen Gefühle. Unser Ich fühlt sich durch eine Handlung, sofern sie nicht gleichgültig ist, entweder gefördert oder verletzt: es entstehen hierdurch als primitive Formen ethischer Gefühle die des gehobenen und gehemmten Selbstgefühls. Indem aber unser eigenes Selbst theilnimmt an den Vorstellungen und Gefühlen der Gemeinschaft, der es angehört, tritt zu dem Selbstgefühl das Mitgefühl. Die objectiven Handlungen, die diese Gefühle erregen, wirken auf uns gefällig oder missfällig: sie erregen die Affecte der Billigung und der Missbilligung. In den Anfängen der geistigen Entwicklung überwiegt das Selbstgefühl. Seine Läuterung erfährt es durch den fortgesetzten Kampf, in den es mit dem Mitgefühl geräth, und aus dem das letztere schließlich als Sieger hervorgeht. Diese ganze Ausbildung des sittlichen Gefühls ist an die Entwicklung des Selbstbewusstseins gebunden, von dem das Selbstgefühl einen wesentlichen Bestandtheil bildet[1]). Fand sich das ursprüngliche sinnliche Selbstbewusstsein nur durch den sinnlichen Schmerz, den eigenen oder fremden, gestört, so wird allmählich, wie der eigene Körper als ein Stück der Außenwelt erscheint, so auch die sinnliche Empfindung ein relativ äußerliches. Nachdem sich das Selbstbewusstsein zurückgezogen hat auf die Thätigkeit des Willens im Gebiet des Vorstellens und Handelns, wird der Wille, der eigentliche Mittelpunkt des Selbstbewusstseins, auch zum Ausgangspunkt der sittlichen Gefühle. Der Wille kann aber nur dadurch Gegenstand einer Beurtheilung werden, dass wir seiner Thätigkeit Zwecke setzen und dann unsere Billigung oder Missbilligung von der Erfüllung dieser Zwecke bestimmt sein lassen. So geschieht es, dass das sittliche Gefühl zur Aufstellung von Regeln des Handelns führt Sie kommen zu Stande, indem sich die Reflexion die Bedingungen vergegenwärtigt, unter denen einer Willensthätigkeit in uns das Gefühl der Billigung oder Missbilligung entspricht. Mit der Entwicklung des Bewusstseins ändern sich diese Bedingungen. Auch die sittlichen Normen sind daher nicht absolut unveränderlich sondern entwicklungsfähig[2]).

Eine dritte Entwicklungsform gewinnen die intellectuellen Gefühle in dem religiösen Gefühl. Es erwächst aus dem Bedürfniss, zwischen den in der äußern Erfahrung gegebenen Erscheinungen und den sittlichen

---

1) Vgl. oben S. 308 f.
2) Vgl. hierzu meine Ethik, namentlich Abschn. I und III.

Trieben oder den Gemüthsbewegungen, aus denen dieselben hervorgehen, dem Selbstgefühl und dem Mitgefühl, eine Uebereinstimmung herzustellen. Dieses Bedürfniss führt namentlich auf seinen ursprünglichen Stufen den unwiderstehlichen Antrieb mit sich, den Zusammenhang der Dinge und Erscheinungen durch Vorstellungsbildungen zu ergänzen, in denen die ethischen Wünsche und Forderungen ihren Ausdruck finden. Das religiöse Gefühl nimmt daher durch seine eigenthümliche Beschaffenheit im höchsten Maße die Phantasiethätigkeit in Anspruch und wird seinerseits wieder durch diese so sehr gesteigert, dass wir seine Aeußerungen fast nur in jener complexen Erscheinungsform kennen, in der sie schon wesentlich durch die religiösen Vorstellungen mitbestimmt sind. Auch ist der Vorgang dieser Entwicklung keineswegs etwa so zu denken, dass der intellectuelle Process mit dem an ihn geknüpften Gefühl zunächst vorhanden gewesen wäre, worauf dann erst die Vorstellungsbildung gefolgt wäre. Vielmehr ist die letztere so innig mit dem Auftauchen des Gefühls verwebt, dass sie den intellectuellen Process völlig in sich absorbirte, dieser also sofort in den religiösen Vorstellungen eine concrete Gestalt gewann, aus der ihn erst eine späte Entwicklungsstufe des religiösen Bewusstseins auf seine ethische Grundlage zurückführt. Diese Veränderung des religiösen Gefühls ist zugleich mit Veränderungen in seinen Aeußerungen verbunden. Ursprünglich der Außenwelt zugekehrt, geneigt die vielgestaltigen Naturerscheinungen der heilsamen oder gefahrbringenden Macht göttlicher Wesen zu unterwerfen, zieht es sich allmählich, der Ausbildung des Selbstbewusstseins folgend, vorwiegend auf das eigene Innere des Menschen zurück. Indem wir unsere Willenshandlungen abhängig finden von den Sittengeboten des Gewissens, die sich theils in uns zu sittlichen Grundsätzen, theils außer uns zu sittlichen und rechtlichen Normen verdichtet haben, steigert sich die ethische Richtung, und tritt jene anfangs übermächtige äußere Seite des religiösen Gefühls, die den Zusammenhang der physischen Weltordnung den subjectiven Wünschen des Einzelnen dienstbar machte, immer mehr in den Hintergrund.

Immerhin gibt das Streben, die Erfahrungswelt in einer Weise zu ergänzen, die den ethischen Forderungen in Bezug auf den Zweck des menschlichen Daseins Genüge leistet, selbst noch auf späteren Entwicklungsstufen den Anstoß zu mannigfaltigen Vorstellungsbildungen, welche sich direct kaum auf das Subject, sondern nur auf das Sein und Werden der Außenwelt zu beziehen scheinen. Jede Mythologie ist daher zugleich Kosmologie und Kosmogonie, eine Thatsache, aus der offenbar die verbreitete Anschauung hervorgegangen ist, dass die Idee des Unendlichen, der Weltursache oder des Unerkennbaren die Wurzel des religiösen Gefühls sei. Aber niemals lässt sich bei jenen kosmologischen Vorstellungen

die subjective Tendenz verkennen, die ihnen ihre Richtung anweist. Auch würde an und für sich dem menschlichen Denken in der Welt der Erscheinungen nicht der geringste Anlass gegeben sein, ein von dieser Welt völlig verschiedenes Unerkennbares vorauszusetzen, wenn nicht der ethische Trieb dasselbe als eine Ergänzung der sein Streben niemals befriedigenden Sinnenwelt gebieterisch forderte [1]).

Als zusammengesetzte Resultanten aller bis dahin erörterten Gefühlsformen, darum als die verwickeltste Form der intellectuellen Gefühle überhaupt erscheinen endlich die höheren ästhetischen Gefühle. Sie sind Producte der Verbindung ästhetischer Elementargefühle mit intellectuellen Gefühlsformen, logischen, ethischen und religiösen Gefühlen, während außerdem als bedeutsame Elemente sinnliche Gefühle und Affecte in sie eingehen. Indem auf diese Weise das ästhetische Gefühl alle andern Gefühle in sich schließt, ergreift es unser ganzes Gemüthsleben. Ein vollendetes Kunstwerk setzt unser logisches Gefühl in Spannung, es regt ethische und religiöse Gefühle an, erzeugt Affecte und sinnliche Gefühle und als wesentliche Bestandtheile kommen dazu noch jene ästhetischen Elementargefühle, die der Verbindung successiver Vorstellungen oder der Theile einer simultanen Vorstellung entsprechen. Alle diese Elemente erregen aber ein höheres ästhetisches Gefühl nur unter der Bedingung, dass sie sich zu einer übereinstimmenden und zugleich maßvollen Gesammtwirkung vereinigen. Zum Hülfsmittel dieser Verbindung und dadurch zum Träger des ganzen ästhetischen Gefühls eignen sich vor allem die an die zusammengesetzte Vorstellung als solche gebundenen ästhetischen Elementargefühle [2]). Die psychologische Analyse der höheren ästhetischen Gefühle hat hiernach hauptsächlich zwei Aufgaben: sie muss erstens Rechenschaft geben über die Art der Verbindung der einzelnen Gefühlsformen zu einem ästhetischen Totalgefühl, und sie muss zweitens die Gründe zu ermitteln suchen, aus denen sich die ästhetischen Elementargefühle vorzugsweise zu Trägern der gesammten ästhetischen Wirkung eignen.

In ersterer Beziehung weichen nun sichtlich die verschiedenen Arten ästhetischer Hervorbringung in der mannigfaltigsten Weise von einander ab. Jede Kunstform wendet sich zunächst an eine bestimmte Gefühlsform, von der aus dann die übrigen in Bewegung gesetzt werden. So

---

1) Vgl. hierzu die Bemerkungen in meiner Logik, I, 2. Aufl. S. 412 ff. Die psychologisch sehr wichtige Erörterung der verschiedenen Formen religiöser Vorstellungen und die Nachweisung ihrer psychologischen Motive muss der völkerpsychologischen Untersuchung überlassen bleiben.

2) Vgl. Cap. XIV, S. 285 ff.

erzeugt die Musik Affecte, indem sie sie schildert, wozu sie ebensowohl die sinnliche Färbung der Klänge und Zusammenklänge wie ihre Aufeinanderfolge benutzt. Die sinnliche Schilderung der Affecte begründet aber noch nicht die ästhetische Wirkung, sondern diese entspringt erst aus dem befriedigenden Ablauf und der schließlichen Lösung der Affecte, wobei die letztere an die aus den rhythmischen und harmonischen Klangverbindungen entstehenden ästhetischen Elementargefühle gebunden ist. Eine befriedigende Lösung der Affecte kann sich endlich in unserm Gemüth nur durch den Sieg der Vernunft und des Willens vollziehen: als secundäre Bestandtheile der musikalischen Wirkung treten daher logische, ethische und religiöse Gefühle auf.

Unter den bildenden Künsten ist die freieste, in dieser Beziehung der Musik verwandteste die Architektur. Bei ihr zeigt es sich daher am deutlichsten, dass bei diesen Künsten die einfachen ästhetischen Formgefühle selbst, Symmetrie, proportionale Gliederung u. s. w., als nächste Wirkungen auftreten. Diese Gefühle werden erzeugt theils durch die Größenverhältnisse theils durch die absolute Größe der Formen. Durch die Auffassung angemessener Größenverhältnisse wird aber zugleich das logische Gefühl befriedigt und unter bestimmten Bedingungen, insofern nämlich die Formen den Grenzen unserer Auffassungsfähigkeit nahe kommen, das religiöse Gefühl erregt. Alle andern bildenden Künste sind in höherem Grade als die Architektur an die Formen gebunden, welche die äußere Natur unsern Sinnen bietet, oder welche der wechselnde Geschmack der Zeit, praktische Rücksichten und Gewohnheiten hervorbringen. Dafür treten nun bei ihnen associative Verbindungen der Vorstellungen in den Vordergrund. So sind es bei einem plastischen Kunstwerk, einem historischen Gemälde u. dergl. die intellectuellen, ethischen und religiösen Beziehungen, die unmittelbar die entsprechenden Gefühle anregen. Aber neben diesen associativ hervorgerufenen Gemüthsbewegungen behält stets das elementare ästhetische Formgefühl insofern seine Bedeutung, als in ihm schon ein allgemeiner Hinweis auf die Richtung jener intellectuellen Gefühle enthalten sein muss.

Am unmittelbarsten wendet sich die Dichtkunst an die intellectuellen Gefühle in ihren verschiedenen Formen. Sie steht darin der Musik am fernsten, bei der die Wirkung auf die höheren Gefühle durch die entferntesten Vermittelungen zu Stande kommt. Bei der Poesie bilden intellectuelle Gefühle den eigensten Inhalt des Kunstwerks, während die Musik solche immer erst aus der Bewegung und Lösung der Affecte erzeugen muss. Aus diesem Grunde streben diese Künste vor allem sich ergänzend zu verbinden, ein Streben, welches schon darin sich äußert, dass die Poesie zur Erweckung der ihrem Inhalt angemessenen ästhe-

tischen Elementargefühle musikalische Formen wählt, Rhythmus und Klangharmonie.

Jenes Wechselverhältniss, in welchem die einzelnen Gefühlsformen stehen müssen, um ein einheitliches ästhetisches Totalgefühl hervorzubringen, ist nun zugleich die Ursache, aus der sich allein das ästhetische Elementargefühl zum Träger einer jeden höheren ästhetischen Wirkung eignet. Die verschiedenen Formen des ästhetischen Elementargefühls haben nämlich die sie vor andern Gefühlsformen auszeichnende Eigenschaft, dass sie den Affecten sowohl wie den verschiedenen intellectuellen Gefühlen verwandt sind, ohne dass in ihnen doch die Beziehungen zu bestimmten einzelnen Vorstellungen und Denkacten enthalten wären, welche bei den sonstigen Gemüthsbewegungen niemals fehlen. Hierdurch sind sie eben geeignet, jedem höheren Gefühlsinhalt eine angemessene Form zu geben. Zunächst verdanken sie diese Vermittlerrolle dem Umstand, dass sie an die zusammengesetzten Vorstellungen als solche gebunden sind; Affecte und höhere Gefühle beziehen sich aber ebenfalls auf Vorstellungen und Vorstellungsreihen von zusammengesetzter Beschaffenheit, nur dass bei ihnen nicht bloß die Form dieser Vorstellungen sondern auch noch ihr Inhalt in Betracht kommt. So entspricht die Bewegung des Rhythmus dem Verlauf der Affecte, das Harmoniegefühl ihrer Lösung. Nicht minder zeigen Rhythmus, Harmonie und optisches Formgefühl eine formale Verwandtschaft mit dem intellectuellen Gefühl der Uebereinstimmung, und an diese Grundform intellectueller Wirkung schließen sich ohne Zwang ethische und religiöse Beziehungen an. Indem auf diese Weise die ästhetischen Elementargefühle die Mittelpunkte aller ästhetischen Wirkung bilden, verhelfen sie zugleich in einem gewissen Grade schon der Forderung, dass die ästhetische Wirkung eine maßvolle bleibe, zu ihrer Erfüllung. Wird diese Forderung nicht befriedigt, so verdrängt **ein** Gefühl die übrigen: es kann nun noch Affect, sinnliche Erregung, intellectueller Genuss stattfinden, aber das ästhetische Totalgefühl geht verloren, zu dessen Wesen es gehört, dass in ihm die verschiedenen Formen der Gemüthsbewegung zu einer übereinstimmenden Wirkung vereinigt sind.

Neunzehntes Capitel.

Störungen des Bewusstseins.

1. Hallucination und Illusion.

Betrachten wir als Störungen des Bewusstseins alle diejenigen Veränderungen, bei denen eine von dem normalen Verhalten abweichende Beschaffenheit der Vorstellungen oder ihres Verlaufes sowie der begleitenden Gefühle und Affecte vorhanden ist, so können bei denselben zunächst die Veränderungen in der Beschaffenheit der einzelnen Vorstellungen und diejenigen im Zusammenhang und Verlauf der Vorstellungen unterschieden werden. Die bedeutenderen Abweichungen von dem normalen Verhalten der einzelnen Vorstellungen bezeichnet man als Hallucinationen und Illusionen. Störungen in der Verbindung der Vorstellungen beobachtet man im Schlaf, in gewissen schlafähnlichen Zuständen und bei der geistigen Störung. In allen diesen Fällen zeigen die Gefühle und Gemüthsbewegungen ein abnormes Verhalten, und häufig besitzen zugleich die einzelnen Vorstellungen wenigstens zum Theil den Charakter der Hallucinationen und Illusionen. Diese, als die elementareren Formen der Störung, müssen daher vorangestellt werden.

Hallucinationen sind Erinnerungsbilder, die sich von den normalen nur durch ihre Intensität unterscheiden. Ihre häufigsten physiologischen Ursachen sind Hyperämie der Hirnhäute und der Hirnrinde, die Einwirkung toxischer Substanzen, wie Morphium, Haschisch, Alkohol, Aether, Chloroform u. s. w., endlich die bei tiefen Ernährungsstörungen oder bei gänzlichem Nahrungsmangel eintretende Anämie des Gehirns. Die gleichartige Wirkung scheinbar so verschiedener physiologischer Einflüsse beruht, wie man nach der Analogie mit andern Fällen automatischer Reizung annehmen darf, darauf, dass sich Zersetzungsproducte der Gewebe in der blutreichen Hirnrinde anhäufen, welche zunächst die Reizbarkeit derselben erhöhen, dann aber auch selbst eine Reizung hervorbringen können [1]). Die Hallucinationen können in den verschiedenen Sinnesgebieten

1) Vgl. I, S. 192 ff. Ueber Hallucinationen und Illusionen überhaupt vgl. von Krafft-Ebing, Die Sinnesdelirien, Erlangen 1864. Kahlbaum, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, XXIII, S. 1 ff. Kraepelin, Compendium der Psychiatrie, 3. Aufl. Leipzig 1889, S. 70 ff. Kirchhoff, Lehrb. der Psychiatrie. Leipzig u. Wien 1892, S. 75 ff.

vorkommen. Am häufigsten sind solche des Gesichtssinnes, sogenannte Visionen[1]; ihnen zunächst beobachtet man Phantasmen des Gehörs, viel seltener des Tastsinns, des Geruchs und Geschmacks. Auch finden sich diese letzteren in der Regel nur in Begleitung von Phantasmen der höheren Sinne bei ausgebreiteteren Erkrankungen der Hirnrinde; dagegen sind Hallucinationen des Gesichts und Gehörs nicht selten isolirt zu beobachten. Aeußere Ursachen, aus denen vorzugsweise ein bestimmtes Sinnesgebiet heimgesucht wird, lassen sich meistens nicht nachweisen. Doch ist bemerkenswerth, dass lange dauernde Einzelhaft zu Gehörshallucinationen, Aufenthalt im Finstern zu Visionen disponirt, offenbar weil der Mangel der betreffenden Sinnesreize die Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen steigert, gerade so wie dies beim Gesichtssinn auch in Bezug auf das peripherische Sinnesorgan nachzuweisen ist (I, S. 370). Anderseits scheint aber die überhäufte Reizung der Sinne denselben Erfolg zu haben da z. B. bei Malern vorzugsweise Phantasmen des Gesichts, bei Musikern solche des Gehörs beobachtet sind. Fortgesetzte Beschäftigung mit einem und demselben Gegenstand kann sogar ein specielles Erinnerungsbild zur Lebhaftigkeit des Phantasma steigern[2]. Aus diesem Umstande dürfte sich auch die Thatsache erklären, dass durchschnittlich die Gesichtsphantasmen am häufigsten vorkommen, indem das Gesicht jener Reizbarkeitssteigerung durch Ueberreizung am meisten ausgesetzt ist. Schwächere Visionen werden, gleich den Erinnerungsbildern, bei geschlossenem Auge deutlicher; sie können bei geöffnetem Auge und im Tageslicht ganz verschwinden Hierher gehören namentlich die Erscheinungen, welche Gesunde vor dem Einschlafen oder überhaupt im dunkeln Gesichtsfelde wahrnehmen. Es sind dies bald Erinnerungsbilder von ungewöhnlicher Stärke bald Figuren ohne bestimmte Bedeutung, welche fortwährend in Form und Farbe wechseln, wobei aber dieses phantastische Spiel von dem Einfluss des Willens ganz unabhängig ist[3]. Zuweilen gesellen sich, wie ich finde, hierzu schwache Gehörsreize, oder diese treten auch ganz allein auf: einzelne Töne oder Worte, meist zusammenhangslos, klingen dem Einschlafenden ins Ohr; manchmal folgen diese Laute einander immer schneller, oder sie

[1] LAZARUS (Zeitschr. f. Völkerpsychologie, V, S. 128) schlägt vor, den Ausdruck Visionen auf jene Phantasmen einzuschränken, die nicht in physiologischer Reizen. sondern in dem psychischen Mechanismus ihren Ausgangspunkt haben. Ich behalte den Ausdruck Vision hier um so mehr in der ursprünglichen Wortbedeutung bei, da es, wie vor allem auch das Gebiet der Hallucinationen beweist, keinen psychischen Mechanismus gibt, dem nicht ein physischer Mechanismus parallel ginge.

[2] So beobachteten HENLE und H. MEYER, dass ihnen mikroskopische Objecte, die sie während des Tages untersucht hatten, mit voller Lebendigkeit im dunkeln Gesichtsfelde auftauchten. H. MEYER, Untersuchungen über die Physiologie der Nervenfaser Tübingen 1843, S. 56 ff. Aehnliche Beobachtungen bei FECHNER, Psychophysik, II S. 499 ff.

[3] J. MÜLLER, Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen. Coblenz 1826, S. [illegible]

werden undeutlicher, als kämen sie aus zunehmend größerer Ferne, was dann gewöhnlich den Uebergang in den wirklichen Schlaf andeutet. Ich vermuthe, dass bei diesen noch normalen Phantasmen der schwache Reizungszustand, in welchem sich fortwährend unsere Sinnesorgane, namentlich das Auge, befinden, wesentlich betheiligt ist. Nicht selten scheint es, als wenn sich jener Lichtstaub des dunkeln Gesichtsfeldes, den wir bei geschlossenem Auge wahrnehmen, unmittelbar zu den phantastischen Bildern entwickle. In diesem Fall würde die Erscheinung schon dem Gebiete der Illusion zufallen.

Erreicht die centrale Reizung höhere Grade, so entstehen die Hallucinationen nicht bloß im Dunkeln oder bei geschossenem Auge und in der Stille der Nacht, sondern im Licht und Geräusch des Tages. Nun vermischen sich dem Hallucinirenden die phantastischen Vorstellungen mit den wirklichen Sinneseindrücken, von denen er sie bald nicht mehr zu unterscheiden vermag. Wird der Reizungszustand der Hirnrinde rasch ermäßigt, so blassen allmählich die Phantasmen ab, bevor sie ganz verschwinden, wie dies Nicolai an sich beobachtete[1]). Derselbe litt bei einer andern Gelegenheit an schwächeren Visionen, die aber nur bei geschlossenem Auge zu sehen waren und verschwanden, sobald er die Augen öffnete[2]). Schon die vor dem Einschlafen eintretenden Gesichtsphantasmen sind zuweilen so lebhaft, dass ihnen, wie J. Müller, H. Meyer u. A. bemerkt haben, Nachbilder folgen können[3]). In solchen Fällen scheint sich also die Reizung von der centralen Sinnesfläche aus durch den centrifugalen Antheil der Opticusfasern auf die Netzhaut ausgebreitet zu haben[4]). Das nämliche wird von denjenigen Gesichtsphantasmen anzunehmen sein, die sich bei hellem Tage mit den Anschauungsvorstellungen vermischen. Auch verändern stärkere Visionen häufig bei den Bewegungen des Auges ihren Ort im Raume, wie man dies deutlich aus den Aeußerungen der Hallucinirenden entnehmen kann. Diese sehen da und dort, wohin sie blicken, Feuer oder Menschen, Thiere, die sie verfolgen u. s. w. In andern Fällen werden zwar die Phantasmen auf einen festen Ort bezogen; es ist aber wohl möglich, dass dann immer phantastische Umgestaltungen äußerer Sinneseindrücke, also eigentlich Illusionen, im Spiele sind[5]). Nur die

---

1) J. Müller a. a. O. S. 77.
2) Ebend. S. 80.
3) H. Meyer, Untersuchungen über die Physiologie der Nervenfaser, S. 241.
4) Vgl. I, S. 130, 315.
5) Allerdings werden auch ähnliche Fälle anscheinend reiner Hallucinationen berichtet. So z. B. der folgende: Ein Herr H. sitzt lesend in seinem Zimmer; aufblickend gewahrt er einen Schädel, der auf einem Stuhl am Fenster liegt. Als er mit der Hand danach greift, ist er verschwunden. Vierzehn Tage darauf sieht er in einem Hörsaal der Universität Edinburg wieder den Schädel auf dem Katheder liegen. (Brierre de Boismont, Des hallucinations. 3me édit., p. 573.) Erwägt man aber, wie leicht der

schwächsten Phantasmen des dunkeln Gesichtsfeldes, welche, den gewöhnlichen Einbildungsvorstellungen an Stärke wenig überlegen, wahrscheinlich ohne Miterregung der peripherischen Nerven bestehen, können, gleich den Erinnerungsbildern, bei der Bewegung des Auges unverändert bleiben[1].

Die allgemeine Form der Hallucination, ob sie z. B. als Gesichts- oder Gehörsvorstellung erscheint, ist ohne Zweifel von dem Ort der centralen Reizung abhängig. Außerdem ist die Stärke dieser Reizung jedenfalls auch noch auf die besondere Beschaffenheit der Phantasmen von Einfluss. Bei den intensivsten Reizungszuständen treten lebhaft glänzende Gesichtsbilder, betäubende Schallerregungen auf. Hierher gehören namentlich die häufigen Fälle, in denen hallucinirende Kranke überall Feuer- und Lichtmassen sehen[2]. Im übrigen aber wird die Beschaffenheit der Phantasmen ganz ebenso wie der Erinnerungsbilder durch die Associationen des individuellen Bewusstseins bestimmt. So bestehen die Hallucinationen Geisteskranker stets aus solchen Vorstellungen, die mit dem Erinnerungsinhalt des bisherigen Lebens und mit der Gemüthsrichtung des Kranken deutlich zusammenhängen. Der religiöse Visionär verkehrt mit Christus, mit Engeln und Heiligen, der vom Verfolgungswahn geplagte Melancholiker hört Stimmen, die ihn verleumden oder ihm Beleidigungen zurufen, u. dgl. Dies weist uns auf die nahe Beziehung der Hallucinationen zu den Phantasiebildern hin. In vielen Fällen ist offenbar auch bei der Hallucination als nächste Ursache eine Reproduction anzunehmen, wobei aus dem Vorrath der dem Bewusstsein disponibeln Vorstellungen irgend eine nach den Gesetzen der Association wachgerufen, oder auch aus verschiedenen Bestandtheilen eine neue Vorstellung combinirt wird, in analoger Weise wie bei den Phantasiebildern des normalen Bewusstseins. Aber beim Hallucinirenden trifft nun dieser Vorgang eine gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen an. Hierdurch wächst die physiologische Erregung zu einer abnormen Höhe, so dass das Phantasma die sinnliche Stärke eines Anschauungsbildes erreicht oder ihm nahe kommt. Am deutlichsten ist dieser Ursprung bei jenen Phantasmen, die wirklich nichts anderes als ungewöhnlich lebhafte Erinnerungsbilder sind, und die manchmal im

---

Hallucinirende seine Phantasmen an die geringfügigsten Eindrücke heftet, an einen Schatten, einen Lichtschein u. dergl., so wird es erlaubt sein, auch hier einen Fall von Illusion zu vermuthen.

1) Dass sich sogar lebhafte Traumbilder, wenn sie nach dem Erwachen auf kurze Zeit festgehalten werden können, mit dem Auge bewegen, hat schon Gruithuisen bemerkt; derselbe hat überdies auch von solchen Traumempfindungen negative Nachbilder beobachtet (J. Müller, Phantastische Gesichtserscheinungen, S. 86). J. Müller widerspricht zwar der Bewegung; die Beobachtungen, auf die er sich bezieht, können aber wohl nur den schwächeren, von den Erinnerungsbildern wenig verschiedenen Hallucinationen angehören, bei denen die centrifugale Miterregung der peripherischen Sinnesflächen nicht besteht.

2) Griesinger, Pathologie und Therapie der psychischen Krankheiten, 2. Aufl., S. [illegible]

Beginn von Geisteskrankheiten vorzukommen scheinen. Aber auch in solchen Fällen, wo sich bestimmte Wahnideen ausgebildet haben, die nun den Zusammenhang der Phantasmen beherrschen, dürften diese fast überall, wo nicht äußere Sinneseindrücke die Erreger bilden, was dann dem Gebiet der Illusion zufällt, aus der Reproduction entspringen. Meistens ist also, dies scheint aus der Schilderung der Hallucinationen geistig Gesunder und Kranker hervorzugehen, nicht eine wirkliche Reizung, sondern nur eine gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen der Ausgangspunkt der Hallucination. Dabei prädisponirt zwar die Ausbreitung der Veränderung zu Phantasmen bestimmter Art, in ihrer besonderen Erscheinungsform werden aber diese immer erst hervorgerufen durch den Hinzutritt einer bestimmten reproducirten Vorstellung oder äußerer Sinneseindrücke, welche in Folge der centralen Veränderung in ungewöhnlicher Weise umgestaltet werden, oder wohl noch öfter durch das Zusammentreffen dieser beiden Momente. Irgend eine Association liegt vermöge der individuellen Ideenrichtung bereit, und der leiseste vom äußern Sinnesorgan ausgehende Anstoß genügt, um vermöge der gesteigerten Reizbarkeit der Sinnescentren der Vorstellung die sinnliche Stärke des Anschauungsbildes zu verleihen. Eben wegen dieses Zusammenwirkens der verschiedenen Momente steht die Hallucination einerseits mit dem Phantasiebild und anderseits mit der Illusion in so naher Beziehung. Namentlich aber von der letzteren ist eine Unterscheidung schwer möglich, da in jener gesteigerten Reizbarkeit der Centraltheile, welche die Hallucination begründet, auch die Disposition zur Entstehung der Illusion liegt. Wo dieselbe einmal vorhanden ist, da müssen sich aus äußeren Sinneseindrücken ebensowohl wie aus der Reproduction Phantasmen gestalten. Beide aber vermischen sich innig, weil auch bei der Illusion alles was zum äußern Sinneseindruck hinzugedichtet wird aus der Reproduction stammt. Sie lassen sich deshalb höchstens daran unterscheiden, dass stärkere Hallucinationen mit der Bewegung ihren Platz wechseln und nicht an bestimmten äußeren Sinneseindrücken festhaften. Die Visionen erscheinen neben den unverändert wahrgenommenen äußeren Ocjecten, oder diese werden manchmal durch die Phantasmen hindurchgesehen[1]). Dadurch kommt es, dass die reinen Visionen meist viel schattenhafter und vergänglicher geschildert werden als die Illusionen, denen der äußere Sinneseindruck einen festeren Bestand gibt[2]). Wie nun

1) In einem mir bekannt gewordenen Fall sah z. B. ein von Gehirnkrankheit heimgesuchter Waldaufseher aller Orten Holzstöße liegen; aber trotzdem, sagte er, sehe er die andern Gegenstände, Möbel, Tapete des Zimmers u. s. w., vollkommen deutlich. Dies ist zugleich ein schönes Beispiel für den Einfluss der Reproduction, der sich an der Hervorrufung von Vorstellungen zu erkennen gibt, welche der gewohnten Beschäftigung des Mannes angehören.

2) Nicht zu verwechseln mit der eigentlichen Hallucination sind die bei Geistes-

aber schon beim peripherischen Nerven die Steigerung der Reizbarkeit, sobald sie eine gewisse Größe erreicht, unmittelbar zur Reizung wird, so lässt sich ohne Zweifel auch bei den centralen Sinnesflächen das ähnliche voraussetzen. In der That kann man wohl bei jenen intensivsten Phantasmen, bei denen sich der Kranke von Flammen oder von lebhaft bewegten Gestalten ohne feste Associationsbeziehungen umgeben sieht, oder wo er fortwährend wirre Geräusche um sich hört, an eine solche primäre Reizung denken. Aber auch hier tritt dann die Association ergänzend hinzu. Denn selbst in den heftigsten und wildesten Reizphantasmen sind immer noch Spuren einer Verbindung mit Vorstellungen des vergangenen Lebens zu erkennen.

Illusionen nennt man solche hallucinatorische Vorstellungen, die von einem äußeren Sinneseindruck ausgehen. Von dem Gebiet der Illusion in dem hier festgehaltenen Sinne schließen wir daher alle diejenigen Sinnestäuschungen aus, welche in der normalen Structur und Function der Sinnesorgane ihren Grund haben, wohin z. B. die in Cap. XIII erörterten normalen Täuschungen des Augenmaßes, die Farbenveränderungen durch Contrast u. s. w. gehören[1]). Während die Hallucination nach ihrer psychologischen Seite vorzugsweise auf der successiven Association beruht, handelt es sich bei der Illusion stets um eine Assimilation: sie ist eine Assimilation von hallucinatorischem Charakter. Sobald in Folge der

---

kranken, wie es scheint, nicht seltenen Fälle, in denen Phantasiebilder oder Träume in der Erinnerung für wirkliche Erlebnisse gehalten werden. Es kann hier natürlich leicht die Vermuthung entstehen, die Erzählungen des Kranken beruhten auf Hallucinationen, die er gehabt. In Wahrheit handelt es sich aber nur um falsche Auslegungen von Erinnerungsbildern, veranlasst durch bestimmte Wahnideen. Es scheint mir daher nicht ganz gerechtfertigt, wenn Kahlbaum für diesen Fall annimmt, die Erinnerungsbilder würden selbst zu Hallucinationen (Zeitschr. f. Psychiatrie, XXIII, S. 41). Das Erinnerungsbild wird als solches erkannt, aber es wird auf vergangene Ereignisse statt auf Phantasiebilder bezogen. Weitere Eintheilungen der Hallucination nach ihren muthmaßlichen physiologischen und psychologischen Bedingungen vgl. bei Kahlbaum und Kraepelin a. a. O., sowie Vierteljahrsschr. f. wiss. Phil., V, S. 205, 349 ff.

1) In ihrer weiteren Bedeutung, alle normalen wie abnormen Sinnestäuschungen einschließend, wird die Illusion eingehend behandelt von James Sully (Illusions. A psychological study. London 1881), wobei der Verf. namentlich auch die psychologischen Beziehungen zwischen beiden Formen hervorhebt. Die Unterscheidung der Illusion und Hallucination in dem oben angeführten Sinne rührt her von Esquirol (Des maladies mentales. Paris 1838, I, p. 159, 202). Man hat zwar mehrfach diese Eintheilung angefochten (vgl. Leubuscher, Ueber die Entstehung der Sinnestäuschungen. Berlin 1852, S. 46). Aber wenn auch beide Formen der Phantasmen im einzelnen Fall oft schwer von einander zu trennen sind und sicherlich oft neben einander vorkommen, so lässt sich doch das eine nicht bestreiten, dass es Fälle gibt, in denen die phantastische Vorstellung nicht von äußern Sinneseindrücken ausgeht, und andere, in denen dies stattfindet. Uebrigens hat Esquirol selbst die Illusion noch nicht genügend unterschieden einerseits von denjenigen Sinnestäuschungen, die nicht centralen Ursprungs sind, und anderseits von den Wahnideen, bei denen bloß das an sich richtig Wahrgenommene falsch beurtheilt wird.

gesteigerten Reizbarkeit der Sinnescentren die Disposition zu Phantasmen gegeben ist, so werden die normalen äußeren Sinnesreize die Erreger von Illusionen. Dabei erscheint theils die Intensität der Sinnesreize verstärkt, theils werden die Wahrnehmungen in ihrer Qualität und Form auf das mannigfaltigste phantastisch verändert. Der Hallucinirende hält ein leises Pochen an der Thüre für Grollen des Donners, das Sausen des Windes für himmlische Musik. Wolken, Felsen und Bäume nehmen die Formen phantastischer Geschöpfe an. In seinem eigenen Schatten sieht er Gespenster oder verfolgende Thiere. Vorübergehende Menschen betrachten ihn, wie er glaubt, mit feindlichen Blicken oder schneiden ihm Fratzen; ihre Gespräche hält er für Schimpfreden, die sich auf ihn beziehen, u. dergl. Am freiesten kann natürlich die Einbildung mit den Sinneseindrücken schalten, wenn diese sehr unbestimmt sind, daher auch die Phantasie des Gesunden sich mit Leichtigkeit in die verschwimmenden Umrisse der Wolken, in die regellosen Anhäufungen ferner Gebirge und Felsmassen die verschiedensten Gestalten hineindenkt[1]. Aus demselben Grunde ist hauptsächlich die Nacht die Zeit der phantastischen Vorstellungen. In der Nacht wird dem Gespenstergläubigen ein Stein oder Baumstumpf zur Spukgestalt, und im Rauschen der Blätter hört er unheimliche Stimmen. Dabei ist, wie schon bei der Hallucination, die begünstigende Wirkung des Affectes nicht zu verkennen. Alle diese Phantasmen der Nacht existiren nur für den Furchtsamen; dem Auge und Ohr des Besonnenen halten sie nicht Stand. Ebenso ist der Einfluss geläufiger Associationen oft deutlich zu bemerken. So wird aller Orten von dem Gespenstergläubigen mit Vorliebe ein kürzlich Verstorbener in den Schattenbildern der Nacht gesehen[2].

---

1) Die Phantasiebilder aus Wolken schildert SHAKESPEARE in der Scene zwischen Polonius und Hamlet, 3. Act, Schluss der 2. Scene, die phantastischen Naturgestalten GOETHE in dem bekannten Wechselgesang der Blocksbergsscene: »Seh' die Bäume hinter Bäumen, wie sie schnell vorüberrücken, und die Klippen, die sich bücken, und die langen Felsennasen, wie sie schnarchen, wie sie blasen!« J. MÜLLER erzählt, wie er sich in seiner Kindheit stundenlang damit beschäftigt, in der theilweise geschwärzten und gesprungenen Kalkbekleidung eines dem Fenster seiner Wohnung gegenüberliegenden Hauses die Umrisse der verschiedensten Gesichter zu sehen, die dann freilich Andere nicht erkennen wollten. (Phantastische Gesichtserscheinungen, S. 45.)

2) Ein charakteristisches Beispiel, welches gleichzeitig den Einfluss des Affectes und der Reproduction nachweist, ist das folgende, das LAZARUS (a. a. O. S. 126) nach Dr. MOORE mittheilt. Die Bemannung eines Schiffes wurde erschreckt durch das Gespenst des Kochs, welcher einige Tage zuvor gestorben war. Er wurde von Allen deutlich gesehen, wie er auf dem Wasser mit dem eigenthümlichen Hinken ging, durch welches er gekennzeichnet war, da eins seiner Beine kürzer gewesen als das andere. Schließlich ergab sich aber der Spuk als ein Stück von einem alten Wrack.

2. Schlaf und Traum.

Die physiologischen Ursachen des Schlafes sind noch in Dunkel gehüllt. Nur dies kann mit einiger Sicherheit über ihn ausgesagt werden, dass er zu den periodischen Lebensvorgängen gehört, und dass daher seine nächste Quelle, wie die der bekannteren periodischen Functionen, z. B. der Athem- und Herzbewegungen, in dem centralen Nervensystem zu suchen ist. Die allgemeinen Bedingungen seines Eintritts machen außerdem die Annahme wahrscheinlich, dass die Erschöpfung der im Nervensystem disponibeln Kräfte, sobald sie einen gewissen Grenzwerth erreicht, in dem Schlaf einen Zustand herbeiführt, in welchem durch die stattfindende Muskelruhe und die verminderte Wärmebildung die erforderliche Ansammlung neuer Spannkräfte stattfindet. Doch sind diese allgemeinen Erwägungen keineswegs genügende Erklärungsgründe. Dies ergibt sich namentlich daraus, dass ein hoher Grad von Ermüdung nicht nothwendig den Eintritt des Schlafes herbeiführt, und dass anderseits dieser auch ohne merkliche Ermüdung eintreten kann. Denn als eine zweite Bedingung von psycho-physischer Natur, welche der Ermüdung bald entgegenarbeitet bald mit ihr in gleichem Sinne wirkt, ist die Beeinflussung der Aufmerksamkeit anzusehen. Thiere verfallen fast mit Sicherheit in Schlaf, wenn man die gewohnten Sinneserregungen von ihnen abhält[1]; und bei Menschen, die wenig gewohnt sind sich intellectuell zu beschäftigen, kann man die nämliche Erscheinung beobachten[2]. Aehnlich dem Mangel äußerer Eindrücke können aber auch gleichförmig sich wiederholende Sinnesreize wirken; ja in diesen Fällen ist die Wirkung eine noch sicherere, weil sie die Aufmerksamkeit von intellectuellen Beschäftigungen ablenken. Alle diese Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass die Erschöpfung der Nervencentren nur die allgemeine Bedingung des Schlafes ist, von welcher namentlich auch seine Dauer und Tiefe vorzugsweise abhängt, dass aber die nächste Entstehungsursache desselben stets auf einer directen centralen Veränderung beruht, welche normaler Weise bei aufgehobener oder herabgesetzter Aufmerksamkeit zu entstehen pflegt. Durch eine solche directe Veränderung werden überdies am leichtesten gewisse krankhafte Schlafzustände[3] sowie die Wirkungen der schlaferregenden Stoffe begreiflich, von welchen wohl vorauszusetzen ist, dass sie

---

1) E. Heubel, Pflüger's Archiv, XIV, S. 186.
2) Ueber einen interessanten Fall dieser Art berichtet A. Strümpell, ebend. XV S. 573.
3) Vgl. hierüber Fr. Siemens, Archiv f. Psychiatrie, IX, S. 72.

vorzugsweise jenes Centralgebiet alteriren, an dessen functionelle Veränderung zunächst der Eintritt des Schlafes geknüpft ist. Wo dieses hypothetische »Schlafcentrum« anzunehmen sei, bleibt vorerst dahingestellt; doch ist es offenbar nach den normalen Entstehungsbedingungen des Schlafes am naheliegendsten, das Apperceptionsorgan selbst als dasselbe anzusehen. Die im Gefolge des Schlafes auftretenden Erscheinungen beweisen dann aber, dass von diesem Centrum Wirkungen ausgehen, die das gesammte centrale Nervensystem ergreifen und durchweg den Charakter von Hemmungswirkungen an sich tragen. Sie verrathen sich in der Herabsetzung der Herz- und Athembewegungen und sämmtlicher Absonderungen, in der, wahrscheinlich in Folge einer compensatorischen Erregung des Gefäßnervencentrums eintretenden, Verengerung der kleinsten Hirngefäße[1]), sowie in der Verminderung der Reflexerregbarkeit; die psycho-physische Seite dieser centralen Hemmungen besteht darin, dass äußere Reize von mäßiger Stärke nicht mehr appercipirt werden können, und dass die Reproductionen wahrscheinlich ebenfalls allmählich verschwinden.

Durch die Bestimmung derjenigen Reizstärke, die erfordert wird um Erwachen herbeizuführen, kann man ein gewisses Maß für die **Tiefe des Schlafes** gewinnen. Der so ausgeführte Versuch bestätigt die allgemeine Erfahrung, dass der Schlaf bald nach dem Einschlafen seine größte Tiefe erreicht, auf der er aber meist nur kurze Zeit verharrt, um dann in einen mehrere Stunden lang andauernden leisen Schlummer überzugehen welcher dem Erwachen vorangeht[2]). Zunächst ist der Schlaf wahrschein-

---

1) Die während des Schlafes eintretende relative Anämie des Gehirns hat vor allem Mosso in der schon früher (I, S. 192, 583) erwähnten Weise plethysmographisch nachgewiesen. Ueberdies suchte man aber die Veränderungen der Blutbewegung im Gehirn nach einem zuerst von Donders angewandten Verfahren direct zu ermitteln, indem man durch eine Trepanöffnung die Hirnoberfläche bloßlegte und die Oeffnung hermetisch durch ein festgekittetes Glasplättchen verschloss. (Donders, Nederl. Lancet, 1850. Im Auszug in Schmidt's Jahrbüchern der Medicin, LXIX, 1851, S. 16.) Bei tiefer Morphiumnarkose wurde dann Verengerung der kleinsten arteriellen Gefäße beobachtet. (Durham, Guy's Hospital Reports, VI, 1860, p. 149. Schmidt's Jahrb. IX, S. 13.) C. Binz fand jedoch, dass eine solche Verengerung immer erst gegen Ende der Morphiumwirkung eintritt; im Anfang der Narkose konnte er keine Veränderung wahrnehmen. (Archiv f. experimentelle Pathologie, VI, S. 310.) Auch wird die Entstehung lebhafter Träume durch solche Bedingungen begünstigt, welche mit einem gehinderten Blutabfluss aus der Schädelhöhle verbunden sind, wie Behinderungen der Athmung, Ueberfüllung des Magens u. dergl. Endlich ist beachtenswerth, dass im Schlafe die Pupille stets verengt ist (Raehlmann und Witkowski, du Bois-Reymond's Archiv, 1878, S. 109), während, wie Kussmaul und Tenner fanden, die Absperrung des Blutes vom Gehirn eine starke Erweiterung derselben hervorbringt. (Untersuchungen über Ursprung und Arten der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung. Frankfurt a. M. 1857, S. 19.) Ueber das Verhalten der Pupille im wachenden und schlafenden Zustand vgl. W. Sander (Archiv f. Psychiatrie, IX, S. 129).

2) Kohlschütter, Zeitschr. f. rat. Med., 3. R., XVII, S. 209. Mönninghoff und Piesbergen, Zeitschr. f. Biologie, XIX, S. 114 ff. Michelson, Untersuchungen über die Tiefe des Schlafs. Diss. Dorpat 1891. Die Resultate dieser sämmtlichen Beobachter sind mit Hülfe von Schallreizen (fallenden Kugeln) gewonnen, und sie sind im wesentlichen

lich in vielen Fällen ein Zustand vollständiger Bewusstlosigkeit, ähnlich wie derselbe auch in der Ohnmacht besteht, die nur ein unter abnormen Verhältnissen eintretender Schlaf zu sein scheint. Aber die allgemeine Hemmung der centralen Functionen, die den Eintritt des Schlafes herbeiführt, bedingt nun weiterhin eine Reihe secundärer Veränderungen, in Folge deren der Zustand vollständiger Bewusstlosigkeit gehoben wird, indem an seiner Stelle ein durch die eigenthümlichen Bedingungen, unter denen es zu Stande kommt, verändertes Bewusstsein entsteht. Dieses veränderte Bewusstsein ist der Zustand des Traumes. Indem im Traume Vorstellungen reproducirt und Sinneseindrücke percipirt und appercipirt werden, erscheinen in ihm die Functionen des Bewusstseins wiederhergestellt. Aber dieses Bewusstsein ist in doppelter Beziehung ein verändertes: erstens besitzen die Erinnerungsvorstellungen einen hallucinatorischen Charakter, weshalb auch die Assimilation äußerer Sinneseindrücke in der Regel nicht normale Sinneswahrnehmungen sondern Illusionen verursacht, und zweitens ist die Apperception eine veränderte, so dass die Beurtheilung der Erlebnisse des Bewusstseins wesentlich alterirt erscheint.

Die Mehrzahl der Phantasmen des Traumes pflegt man als reine Hallucinationen anzusehen. Schwerlich ist diese Annahme gerechtfertigt. Wahrscheinlich sind die meisten, vielleicht sogar alle Traumvorstellungen in Wirklichkeit Illusionen, indem sie von den leisen Sinneseindrücken ausgehen, die niemals im Schlafe erlöschen. Eine unbequeme Lage des Schlafenden verkettet sich mit der Vorstellung einer mühseligen Arbeit, eines Ringkampfes, einer gefährlichen Bergbesteigung u. dgl. Ein leichter Intercostalschmerz wird als Dolchstich eines bedrängenden Feindes oder als Biss eines wüthenden Hundes vorgestellt. Eine steigende Athemnoth wird zur furchtbaren Angst des Alpdrückens, wobei der Alp bald als eine Last, die sich auf die Brust wälzt, bald als gewaltiges Ungeheuer erscheint,

übereinstimmende; doch sind die unter Kraepelin's Leitung ausgeführten Versuche Michelson's die einwurfsfreiesten, weil störende Einwirkungen am meisten ferngehalten wurden. Der Schlafende war getrennt von dem Experimentator und begab sich, da die Versuche über viele Monate zerstreut waren, zur Ruhe, ohne zu wissen, ob in der nämlichen Nacht ein Weckversuch stattfinden werde. Die Curve, welche den Gang der »Weckschwelle« bei normalem Verlauf des Schlafs versinnlicht, verläuft nach den Versuchen Michelson's bis zur zweiten Viertelstunde ganz niedrig, steigt dann steil an und erreicht schon nach etwa $^3/_4$ St. ihr Maximum. Auf diesem verharrt sie aber nur $^1/_2$ St., um hierauf zuerst rascher und dann langsamer zu sinken und so sich mit einigen Schwankungen der Abscissenlinie zu nähern. Dem Erwachen und Wiedereinschlafen pflegt, wie Kohlschütter fand und Michelson bestätigte, eine schnell vorübergehende Vertiefung zu folgen. Als eine Erhöhung der Reizschwelle lässt sich übrigens die Veränderung nicht betrachten, da der Erweckungsreiz nicht mit dem sonstigen Begriff der Reizschwelle sich deckt. Ein Reiz, der kein Erwachen herbeiführt, kann gleichwohl percipirt oder sogar appercipirt werden, wie theils die illusorische Umgestaltung zu Traumvorstellungen theils der Einfluss solcher unter der Weckschwelle gelegener Reize auf die Athmung und das sonstige Verhalten des Schlafenden beweisen.

das den Schläfer zu erdrücken droht. Unbedeutende Bewegungen des Körpers werden durch die phantastische Vorstellung ins Ungemessene vergrößert. So wird ein unwillkürliches Ausstrecken des Fußes zum Fall von der schwindelnden Höhe eines Thurmes. Den Rhythmus der eigenen Athembewegungen empfindet der Träumer als Flugbewegung[1]. Eine wesentliche Rolle spielen ferner, wie ich glaube, bei den Traumillusionen jene subjectiven Gesichts- und Gehörsempfindungen, die uns aus dem wachen Zustande als Lichtchaos des dunkeln Gesichtsfeldes, als Ohrenklingen, Ohrensausen u. s. w. bekannt sind, unter ihnen namentlich die subjectiven Netzhauterregungen. So erklärt sich die merkwürdige Neigung des Traumes, ähnliche oder ganz übereinstimmende Objecte in der Mehrzahl dem Auge vorzuzaubern. Zahllose Vögel, Schmetterlinge, Fische, bunte Perlen, Blumen u. dergl. sehen wir vor uns ausgebreitet. Hier hat der Lichtstaub des dunkeln Gesichtsfeldes phantastische Gestalt angenommen, und die zahlreichen Lichtpunkte, aus denen derselbe besteht, werden von dem Traum zu ebenso vielen Einzelbildern verkörpert, die wegen der Beweglichkeit des Lichtchaos als bewegte Gegenstände angeschaut werden. Hierin wurzelt wohl auch die große Neigung des Traumes zu den mannigfachsten Thiergestalten, deren Formenreichthum sich der besonderen Form der subjectiven Lichtbilder leicht anschmiegt. Dabei ist dann außerdem der sonstige Zustand des Träumenden, namentlich insoweit er durch Hautempfindungen und Gemeingefühl bestimmt ist, von nachweisbarem Einflusse. Derselbe subjective Lichtreiz, der sich bei gehobenem Gemeingefühl zu den Bildern flatternder Vögel und bunter Blumen gestaltet, pflegt sich, sobald eine unangenehme Hautempfindung hinzutritt, in hässliche Raupen oder Käfer zu verwandeln, die an der Haut des Schlafenden emporkriechen wollen. Oder dieser wird, wie ich einmal beobachtete, von Krebsen geängstigt, die ihm mit ihren Scheeren alle Fingergelenke umfassen; erwachend findet er die Finger in krankhafter Beugestellung:

---

1) Scherner, Das Leben des Traumes. Berlin 1861, S. 165. W. Weygandt, Entstehung der Träume. Diss. Leipzig (1893). Das Werk Scherner's enthält, neben vielen sehr zweifelhaften Deutungen, manche treffende Beobachtung. Verfehlt ist leider das Bestreben des Verfassers überall dem Traum eine symbolisirende Eigenschaft beizulegen. So leitet er z. B. das Fliegen im Traum nicht einfach aus der Empfindung der Athembewegungen ab, sondern er meint: weil die Lunge selbst zwei Flügel habe, so müsse sie in zwei Flugorganen sich darstellen; sie müsse die Flugbewegung wählen, weil sie sich selbst in der Luft bewege, u. dgl. Sorgfältig ist der Einfluss der äußeren Reize und der Gemeinempfindungen von Weygandt, zum Theil unter Zuhülfenahme experimenteller Beeinflussungen, untersucht worden. Er kommt auf Grund der Analyse einer großen Zahl selbsterlebter Träume zu dem Resultat, dass wahrscheinlich alle Träume so genannte »Reizträume« seien. Auch Giessler (Aus den Tiefen des Traumlebens, Halle 1890), der sonst mehr den psychologischen Bedingungen der Erscheinungen nachgeht, scheint anzunehmen, dass die ersten gestaltlos unbestimmten, meist in Farbenempfindungen bestehenden Anfangsstadien (er nennt sie »Kernbilder«) der Traumvorstellungen physiologische Ausgangspunkte haben (S. 6, 199 f.).

hier hat also offenbar die Druckempfindung in den Gelenken die Gesichtsvorstellung nach sich geformt[1]).

Diesen Fällen, in denen theils objective theils subjective Sinneserregungen unmittelbar zu Illusionen verarbeitet werden, schließen sich solche an, in denen der Sinneseindruck zunächst eine dunkle Vorstellung des damit zusammenhängenden Körperzustandes wachruft, worauf dann Phantasmen entstehen, die sich entweder direct auf diesen Körperzustand beziehen oder durch einfache Associationen mit demselben verbunden sind. So hat SCHERNER bemerkt, dass die Hauptursache jener vielen Träume, in denen das Wasser eine Rolle spielt, der Urindrang des Schlafenden ist. Bald sieht dieser einen Brunnen vor sich, bald sieht er von einer Brücke in den Fluss hinab, auf dem vielleicht gar, vermöge einer weiteren naheliegenden Association, zahllose Schweinsblasen hin- und hertreiben[2]. Hier hat dann wahrscheinlich der subjective Lichtstaub des Auges diese specielle Form der Vorstellung angenommen; anderemale wandelt sich derselbe, direct durch das Bild des Flusses angeregt, in zahllose glänzende Fische um. So kommt es, dass die Fische, und zwar fast immer in der Mehrzahl, bei manchen Menschen ein sehr gewöhnlicher Bestandtheil der Träume sind. Nicht minder häufig knüpfen die Traumvorstellungen an wirkliche Hunger- und Durstempfindungen an, oder sie sind durch die Beschwerden einer allzu reichlichen Abendmahlzeit verursacht. Der durstige Träumer sieht sich in eine Trinkgesellschaft versetzt, der hungrige isst selbst oder sieht Andere essen, ebenso der Uebersättigte; oder er sieht Esswaaren in großer Menge vor sich ausgestellt. Wenn Schwindel und Uebelkeit sich hinzugesellen, so glaubt er sich wohl plötzlich auf einen hohen Turm versetzt, von dem er sich in schwindelnde Tiefe hinab erleichtert. Endlich gehören hierher auch jene häufigen Verlegenheitsträume, bei denen der Träumer in höchst mangelhafter Toilette auf der Straße oder in einer Gesellschaft erscheint, Träume, als deren unschuldige Ursache sich insgemein ein herabgefallenes Deckbett herausstellt. In sehr missliche Situationen sieht sich der Träumer versetzt, wenn ihn etwa eine schiefe Lage des Bettes mit der Gefahr herauszufallen bedroht. Er klettert dann an einer hohen Mauer herab oder sieht sich über einem tiefen Abgrund u. s. w. Die zahllosen Träume, in denen man etwas sucht und nicht findet oder bei der Abreise etwas vergessen hat, kommen von unbestimmteren Störungen des Gemeingefühls her. Unbequeme Lage, geringe Athembeklemmungen, Herzklopfen können solche Vorstellungen wachrufen. Die Beziehung derselben zu dem sinnlichen Eindruck wird hier durch

1) Ueber die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der die narkotischen Intoxicationen (Opium, Alkohol, Haschisch u. s. w.) begleitenden Träume vgl. C. BINZ, Ueber den Traum. Vortrag. Bonn 1878, S. 18 ff. 2) SCHERNER a. a. O. S. 187.

das sinnliche Gefühl vermittelt, das vermöge seiner Vieldeutigkeit sehr verschiedenartige Associationen zulässt, bei denen nur immer der Gefühlston derselbe bleibt. Darum wird in diesem Fall bloß die allgemeine Richtung der Vorstellungen durch die Empfindung bestimmt, während ihr besonderer Inhalt aus andern Quellen, theils aus der Reproduction theils aus anderweitigen Sinneseindrücken, herstammt. Bei allen von Tast- und Gemeingefühlen ausgehenden Traumvorstellungen erweist sich endlich noch ein Vorgang wirksam, der dem Traume vorzugsweise eigen ist und in ähnlicher Weise nur noch in Fällen hochgradiger geistiger Zerrüttung vorzukommen scheint: er besteht darin, dass die Tast- und Gemeinempfindungen objectivirt werden, indem der Träumer sein eigenes Befinden in eine phantastische Form umgesetzt auf andere Personen oder überhaupt auf äußere Gegenstände überträgt. Dabei können diese äußeren Vorstellungen entweder durch freie Reproduction der Eindrücke des wachen Lebens oder selbst aus unmittelbaren Sinneseindrücken entstanden sein. Fälle solcher Objectivirung haben wir kennen gelernt in den Wasserträumen, den Trink- und Essträumen, welche letzteren oft ganz auf eine fremde Gesellschaft bezogen werden. Auch bei der Deutung der Athmungen als Flugbewegungen versetzt der Träumer die Vorstellung nicht selten aus sich heraus: er sieht einen Engel niederschweben, oder er deutet das Lichtchaos auf fliegende Vögel. Eine leise Uebelkeit wird zur Vorstellung eines Ungeheuers oder eines hässlichen Thieres objectivirt, das seinen Rachen gegen den Schläfer aufsperrt. Knirscht dieser mit den Zähnen, so sieht er ein Gesicht vor sich, welchem furchtbar lange Zähne aus den Kiefern wachsen, u. dergl.

Mit den durch Sinnesreize erweckten Vorstellungen vermengen sich so theils durch unmittelbare Assimilation theils durch successive Association in der mannigfachsten Weise Erinnerungsbilder. Die Erlebnisse der verflossenen Tage, namentlich solche, die einen tieferen Eindruck auf uns hervorgebracht haben oder mit einem Affecte verbunden gewesen sind, bilden die gewöhnlichsten Bestandtheile unserer Träume. Jüngst verstorbene Angehörige oder Freunde erscheinen vermöge des tiefen Eindrucks, den Tod und Leichenbegängniss auf uns hervorbringen, ganz gewöhnlich im Traume; daher der weitverbreitete Glaube, dass die Gestorbenen in der Nacht ihren Verkehr mit den Lebenden fortsetzen. Oft genug wiederholen sich uns aber auch andere Begegnisse des täglichen Lebens mit mehr oder minder bedeutender Verschiebung der Umstände, oder wir anticipiren Ereignisse, denen wir mit Spannung entgegensehen. Die Freiheit, mit der dabei der Traum überall von der Wirklichkeit abweicht, erklärt sich theils aus den Associationen, die sich an jede einzelne Vorstellung knüpfen können, und die, während sie im wachen Leben wirkungslos verklingen,

im Traume unmittelbar Gestalt gewinnen, theils aus den Sinneserregungen, die fortwährend in der vorhin geschilderten Weise zu phantastischen Vorstellungen verarbeitet werden, und die, ebenso wie sie selbst der Reproduction ihre Richtung geben, doch auch wieder fortwährend die Vorstellungen durchkreuzen und neue Reproductionen veranlassen. Außerdem können aber neuere Eindrücke, die sich uns im Traume wiederholen, durch Association frühere Erlebnisse zurückrufen. Wer z. B. in den letzten Tagen einer Schulprüfung angewohnt hat, sieht sich selbst auf die Schulbank zurückversetzt, um nun alle Pein eines unvorbereiteten Examens zu bestehen, wo sich dann als nähere Ursache für diese besondere Richtung des Affectes gewöhnlich die unbequeme Lage des Träumers, Athembeklemmung u. dergl. herausstellen wird. Wahrscheinlich in allen Fällen, wo uns längst vergangene Ereignisse, Scenen der Kindheit u. s. w. im Traume vorkommen, ist solches durch derartige Associationen verursacht, deren Fäden einer aufmerksamen Beobachtung selten entgehen werden[1]).

Die Traumvorstellungen können, gleich den Phantasmen des wachen Zustandes, eine Miterregung der motorischen Centraltheile hervorbringen.

---

1) Es sei mir gestattet, diese Verwebung der verschiedenen Ursachen, welche auf solche Weise zusammenwirken können, an einem einzigen Beispiel zu veranschaulichen. Vor dem Hause stellt sich, so träumte mir, ein Leichenzug auf, an welchem ich Theil nehmen soll: es ist das Begräbniss eines vor längerer Zeit verstorbenen Freundes. Die Frau des Verstorbenen fordert mich und einen andern Bekannten auf, uns auf dem jenseitigen Theil der Straße aufzustellen, um an dem Zuge Theil zu nehmen. Als sie fortgegangen, bemerkt der Bekannte, »das sagt sie nur, weil dort drüben die Cholera herrscht; deshalb möchte sie diese Seite der Straße für sich behalten!« Nun versetzt mich der Traum plötzlich ins Freie. Ich finde mich auf langen, seltsamen Umwegen, um den gefährlichen Ort, wo die Cholera herrschen soll, zu vermeiden. Als ich endlich nach angestrengtem Laufen am Haus ankomme, ist der Leichenzug schon weggegangen. Noch liegen aber zahlreiche Rosenbouquets auf der Straße, und eine Menge von Nachzüglern, die mir im Traume als Leichenmänner erscheinen, sind alle gleich mir im eiligen Lauf begriffen, den Zug einzuholen. Diese Leichenmänner sind sonderbarerweise alle sehr bunt, namentlich roth gekleidet. Während ich eile, fällt mir außerdem noch ein, dass ich einen Kranz vergessen habe, den ich auf den Sarg legen wollte. Darüber erwache ich denn mit Herzklopfen. — Der ursächliche Zusammenhang dieses Traumes ist folgender. Tags zuvor war mir der Leichenzug eines bekannten Mannes begegnet. Ferner hatte ich in der Zeitung gelesen, dass in einer Stadt, in der sich ein Verwandter aufhielt, die Cholera ausgebrochen sei; und endlich hatte ich über die im Traume erscheinende Dame mit dem betreffenden Bekannten geredet, wobei mir dieser einige Thatsachen erzählte, aus denen der eigennützige Sinn derselben hervorging. Dies sind die Elemente der Reproduction. Der gesehene Leichenzug erweckte offenbar die Erinnerung an das Begräbniss des vor einiger Zeit verstorbenen Freundes, daran schließt sich die Frau desselben; die Erzählung des Bekannten über sie verwebt sich mit der Nachricht über die Cholera. Die weiteren Bestandtheile des Traumes gehen dann vom Gemeingefühl und von Sinneserregungen aus. Herzklopfen und Angstgefühl lassen mich zuerst den gefährlichen Ort umlaufen, dann dem abgegangenen Leichenzug nacheilen, und als dieser beinahe eingeholt ist, erfindet die Phantasie den vergessenen Kranz, dessen Vorstellung durch die auf der Straße liegenden Rosensträuße nahe gelegt ist, um das Motiv für das vorhandene Angstgefühl nicht ausgehen zu lassen. Die zahlreichen Rosensträuße und der Schwarm der bunt gekleideten Leichenmänner endlich werden wohl in dem Lichtchaos des dunkeln Gesichtsfeldes ihre Ursache haben.

Am häufigsten combiniren sich mit ihnen Sprachbewegungen, oft auch pantomimische Bewegungen der Arme und Hände. Selten nur führt der Traum zusammengesetzte Handlungen mit sich. Diese verrathen dann in der Regel die illusorische Natur der Traumvorstellungen. Der Nachtwandler steigt zum Fenster hinaus, weil er es für die Thür hält; er wirft den Ofen um, in welchem er einen kämpfenden Gegner sieht, u. dergl. Möglicherweise mag es nun auch wohl vorkommen, dass die gewohnte Beschäftigung des Tages wie in den Vorstellungen, so in den Handlungen in ziemlich normaler Weise sich fortsetzt, dass also z. B. der nachtwandelnde Hausknecht ruhig seine Stiefeln putzt oder gar der nachtwandelnde Schüler den angefangenen Aufsatz zu Ende schreibt. Natürlich sind aber die Berichte über derartige Begebenheiten, die um des mystischen Zaubers willen, der in den Augen Vieler den Traum umgibt, so gern übertrieben werden, mit großer Vorsicht aufzunehmen. Jedenfalls liegt es viel mehr in der Natur des Traumes, dass er zu verkehrten Handlungen führt. Dies ist nicht nur in der Beschaffenheit der einzelnen Phantasmen, sondern auch in dem ganzen Zusammenhang derselben begründet, der sich von dem regelmäßigen Verlauf der Vorstellungen im wachen Zustande weit entfernt. Den Grund dieses Unterschieds haben wir schon oben berührt. Er liegt in der Eigenschaft des Traumes, aus zwischentretenden Eindrücken und Associationen alsbald fertige Vorstellungen zu gestalten. Hierdurch entsteht jene Zusammenhangslosigkeit der Traumbilder, welche wahrscheinlich die meisten Träume für immer unserm Gedächtniss entzieht. Sie ruft aber auch in den zusammenhängenderen Träumen, an die wir uns erinnern können, einen fortwährenden phantastischen Wechsel der Scenen und Bilder hervor. Genau hiermit hängt das geringe Maß von Besinnung und Urtheil zusammen, das uns in den Träumen eigen ist. Wir reden vollkommen fertig alle möglichen Sprachen, von denen wir in Wirklichkeit eine ausnehmend geringe Kenntniss besitzen. Klingt uns dann beim Erwachen etwa noch die letzte Phrase im Ohr, so entdecken wir mit Erstaunen, dass sie vollkommen sinnlos ist, und dass die meisten Wörter gar nichts bedeuten. Oder wir halten eine Rede über eine wissenschaftliche Entdeckung, deren Tragweite wir nicht genug zu rühmen wissen, und beim Erwachen stellt sich die Sache als der vollendetste Unsinn heraus. Ein anderes Mal erwachen wir lachend über einen vermeintlich köstlichen Witz, oder wir glauben eine wichtige philosophische Idee ausgesprochen zu haben. Dieser Mangel an Urtheil reicht manchmal noch einigermaßen in den wachen Zustand hinüber, und erst bei hellem Tageslicht erweist sich die anscheinend geistreiche Bemerkung als ein höchst trivialer Gedanke. Mit dieser Besinnungslosigkeit steht denn auch wohl die Erscheinung in Verbindung, dass wir unsere eigenen Gefühle und

Empfindungen objectiviren, dass wir Persönlichkeiten, zwischen denen sich irgend welche Association für unsere Vorstellung findet, mit einander vertauschen, oder dass uns unsere eigene Persönlichkeit als ein Anderer erscheint, der uns gegenüber steht[1]).

Die Verbindungen der Vorstellungen im Traume haben demnach ebenfalls jenen Charakter der Illusionen, der den meisten einzelnen Traumvorstellungen zukommt: wir sind, so lange wir träumen, die Opfer einer vollständigen Täuschung; wir zweifeln niemals, wie sehr auch unsere Traumbilder den Erlebnissen des wachen Bewusstseins widersprechen mögen. Auch der Zustand einer bewussten Erinnerungsthätigkeit kommt im Traume selten oder nie vor. Man hat diese auffallenden Thatsachen auf einen Mangel des Selbstbewusstseins bei überwiegender Gemüthsthätigkeit[2]) oder auch auf eine Unterbrechung der logischen Denkfunctionen[3]) zurückgeführt. Aber obgleich die erstere Ansicht in der zuweilen vorkommenden Objectivirung subjectiver Empfindungen, in der Verdoppelung der Persönlichkeit und ähnlichem eine gewisse Stütze zu finden scheint, so lässt sich doch wohl von der überwiegenden Zahl der Träume sagen, dass wir uns in ihnen unserer eigenen Persönlichkeit deutlich bewusst sind und sogar bis zu einem gewissen Grade immerhin dem Charakter dieser unserer Persönlichkeit gemäß reden und handeln. Ebenso fehlt es dem Traum keineswegs an dem logischen Band der Gedanken. Wir stellen Ueberlegungen an, beurtheilen die Reden und Handlungen Anderer: selbst höhere Grade willkürlicher geistiger Anstrengung nebst dem deutlichen Gefühl derselben können vorkommen. Meistens bleiben freilich auch dann noch die Prämissen unserer Schlüsse falsch, oder diese selbst sind verkehrt; aber es kann doch darum nicht behauptet werden, dass das logische Denken oder die active Willensthätigkeit überhaupt aufhöre. Die eigentliche Quelle der Täuschungen im Traum liegt vielmehr offenbar darin, dass wir uns durchaus den unmittelbar im Bewusstsein auftauchenden Vorstellungen hingeben, ohne dieselben anders, als es durch die fortwährend wirksamen Reproductionen von selbst geschieht, mit früheren Erfahrungen in Beziehung zu setzen. Auch unser Selbstbewusstsein ist nur insofern ein verändertes, als jene Beziehung auf den Inhalt bisheriger Erlebnisse mangelhaft ist; darum kann selbst in einer und derselben Reihe von Traumvorstellungen unser Ich einen veränderten Charakter gewinnen. Alle diese Thatsachen weisen auf eine partielle Aufhebung der Functionen

1) Vgl. hierüber Delboeuf, Revue philos. dirigée par Ribot, VIII, p. 343 et [illegible] Giessler a. a. O. S. 144 ff.

2) H. Spitta, Die Schlaf- und Traumzustände der menschlichen Seele. Tübingen 1878, S. 112 ff., 2. Aufl., S. 74 ff.

3) Paul Radestock, Schlaf und Traum, eine physiologisch-psychologische Untersuchung. Leipzig 1879, S. 145 ff.

des Apperceptionsorgans hin, vermöge deren die der passiven Apperception sich aufdrängenden Associationen die Herrschaft gewinnen, und die logischen Gedankenverbindungen nur insoweit disponibel bleiben, als sie zu festen associativen Verbindungen geworden sind. Bis zu einem gewissen Grade wird endlich die Täuschung durch den hallucinatorischen Charakter der Traumvorstellungen begünstigt. Zur Erklärung des letzteren lassen sich aber theils directe, neurodynamische, theils indirecte, vasomotorische Wirkungen geltend machen, von denen wir annehmen dürfen, dass sie durch den Zustand des Schlafes herbeigeführt werden. Nach den Vorstellungen, zu denen die Mechanik der Nervensubstanz gelangt ist, sind die Nervenzellen, abgesehen von ihren directen Nervenfunctionen, zugleich chemische Werkstätten, in denen fortwährend eine Ansammlung jener Kräfte stattfindet, die, zum Theil an die Nervenfasern abgegeben, die Leistungen des gesammten Nervensystems unterhalten[1]). Die Functionsruhe des Schlafes ist nun eine Zeit der Ansammlung vorräthiger Arbeitskräfte, während deren zugleich gemäß dem allgemeinen Zusammenhang dieser Molecularvorgänge der Uebergang derselben in actuelle Arbeit gehemmt ist. Der Zusammenhang der sämmtlichen nervösen Elemente, in welchem den Nervenfasern ebensowohl die Rolle von Leitern der Erregungen wie von Vertheilern der Energiewerthe zukommt, wird es nun aber mit sich bringen, dass, sobald in diesem System an irgend einem Punkt eine actuelle Kraftleistung ausgelöst wird, die Größe derselben nicht bloß durch ihren eigenen Energievorrath, sondern auch durch den ihrer benachbarten krafterzeugenden Elemente bestritten wird, und dass von diesen hinwiederum ihnen um so mehr Arbeitsvorrath zugeführt werden kann, je größer in ihnen selbst die Ansammlung vorräthiger Energie ist. Vermöge dieser neurodynamischen Wechselwirkungen wird also gerade wegen der im Schlafe stattfindenden Functionsruhe und namentlich wegen der extensiv beschränkten Ausbreitung der Erregungsvorgänge da, wo diese eintreten, eine gesteigerte Erregbarkeit vorhanden sein. Diese neurodynamische wird dann wahrscheinlich zugleich durch eine sie begleitende vasomotorische Wechselwirkung gesteigert werden, da überall Gefäßinnervation und Function der Organe durch die Wirkungen des Gefäßnervensystems in einer Wechselbeziehung stehen, vermöge deren Steigerung der Function Gefäßerweiterung und also verstärkten Blutzufluss, Abnahme der Function dagegen Gefäßverengerung und Abnahme des Blutzuflusses zur Folge hat, ebenso wie umgekehrt diese vasomotorischen wieder die entsprechenden functionellen Wirkungen nach sich ziehen[2]).

---

1) Vgl. I, S. 273 ff.

2) Vgl. über dieses Princip der neurodynamischen Wechselwirkungen und seine Anwendung auf den Traum: Hypnotismus und Suggestion, Phil. Stud. VIII, 38, Separat-Ausgabe S. 54 ff.

Suchen wir hiernach die ursächlichen Bedingungen des Traumes zusammenzufassen, so können dieselben in primäre und secundäre unterschieden werden. Als primäre Bedingung erweist sich die den Schlaf herbeiführende und zunächst mit einer Aufhebung des Bewusstseins verbundene Functionsruhe der Sinnescentren und des Apperceptionsorgans. Dazu kommt dann als secundäre Bedingung die in Folge dieser Functionsruhe eintretende Steigerung latenter Energie, welche den zunächst vereinzelt eintretenden Erregungen eine ungewöhnliche Stärke verleiht, die durch die begleitenden vasomotorischen Wirkungen noch weiter erhöht wird. Durch diese Rückwirkungen wird die im Schlafe entstandene Bewusstlosigkeit wieder aufgehoben; aber das so wieder eingetretene Bewusstsein ist ein gestörtes, denn es steht unter dem Einfluss der Hemmung der Apperceptionsfunctionen, und überdies besitzen die assimilirten Sinnesreize und die reproducirten Vorstellungen vermöge der veränderten Bedingungen der centralen Reizbarkeit großentheils den Charakter der Illusionen und Hallucinationen.

Die ältere Physiologie betrachtete den Schlaf entweder als eine Ermüdungs- und Erholungserscheinung, oder sie begnügte sich ihn ganz allgemein mit den periodischen Lebenserscheinungen in Verbindung zu bringen[1]). Die in neuerer Zeit gemachten Versuche, über die näheren Ursachen und Erscheinungen desselben Rechenschaft abzulegen, gehen von unsern allgemeinen Kenntnissen über die thierischen Zersetzungsvorgänge aus. Da die Anhäufung von Zersetzungsproducten im Blute Störungen des Bewusstseins oder Bewusstlosigkeit hervorrufen kann, so vermuthet man, die im wachen Zustande erfolgte Anhäufung solcher Stoffe sei die Bedingung des Schlafeintritts. Schon PURKINJE hat auf eine derartige Analogie des normalen Schlafes mit der Wirkung der narkotischen Mittel hingewiesen[2]). Zunächst liegt es hier nahe an die Wirkung der Kohlensäure, des Endproductes der Respiration, zu denken[3]). In der That suchte PFLÜGER diese Vermuthung mit gewissen allgemeinen Anschauungen über die Functionen des Nervensystems in eine nähere Beziehung zu bringen. Auf den morphologischen Zusammenhang des gesammten Nervensystems gestützt, nimmt er eine analoge Verbindung der dasselbe bildenden chemischen Molecüle an. Indem er weiterhin von der Erfahrung ausgeht, dass die Erschöpfung an Sauerstoff zunächst eine Herabsetzung der Erregbarkeit der Nervenelemente, und die Verbrennung zu Kohlensäure ein völliges Erlöschen derselben herbeiführt, betrachtet er die durch den intramolecularen Sauerstoff bei seiner Verbindung herbeigeführten Wärmeschwingungen als die Ursache des wachen Zustandes

1) J. MÜLLER, Handbuch der Physiologie, II, S. 579. PURKINJE, Wachen, Schlaf, Traum und verwandte Zustände. Handwörterb. d. Physiol., III, 2, S. 412.

2) A. a. O. S. 426.

3) Dass die Milchsäure, welcher PREYER (Ueber die Ursache des Schlafes. Stuttgart 1877) eine ähnliche Bedeutung beilegen wollte, eine schlafmachende Wirkung überhaupt nicht besitzt, ist durch wiederholte Untersuchungen erwiesen worden. Vgl. LOTHAR MEYER, VIRCHOW's Archiv, LXVI, S. 120. FISCHER, Zeitschr. f. Psychiatrie, XXXIII, S. [illegible]

den Schlaf aber als das Ergebniss eines theilweisen Verbrauchs an Sauerstoff und dadurch herbeigeführter Abnahme der nach PFLÜGER fortwährend explosionsartig unterhaltenen Oscillationen. Während des Schlafes erfolge dann wieder eine allmähliche Aufnahme von disponiblem Sauerstoff sowie der die potentielle Energie des Thierkörpers repräsentirenden kohlehaltigen Brennstoffe. Auch durch die Kälte könne übrigens eine Abnahme jener intramolecularen Oscillationen herbeigeführt werden; ebenso könne durch sehr hohe Temperatur ein rascher Verbrauch der potentiellen Energie erfolgen: PFLÜGER erklärt auf diese Weise den Winterschlaf sowie den Sommerschlaf gewisser Amphibien [1]). Auch diese Hypothese berücksichtigt jedoch nicht sowohl die unmittelbaren Ursachen als die entfernteren Bedingungen des Schlafes, und sie gibt, wie es scheint, über die successive Betheiligung der Centraltheile keine zureichende Rechenschaft. Nach PFLÜGER ist der Schlaf von Anfang an ein Zustand des Gesammtnervensystems, ja des gesammten Organismus. Man kann zugeben, dass nicht nur an den Bedingungen des Schlafes alle Organe theilnehmen, sondern dass auch der Zustand desselben bald auf sie alle zurückwirkt. Aber darüber ist doch nicht zu vernachlässigen, dass, zusammenhängend mit seinen unmittelbaren äußeren Entstehungsbedingungen, der Schlaf von einem bestimmten Centralgebiet ausgeht, und dass auf diese Weise schon in dem centralen Nervensystem primäre und secundäre Erscheinungen des Schlafes zu sondern sind.

Den secundären Erscheinungen des Schlafes haben wir nun auch den Traum und die ihn begleitenden centralen Veränderungen zugezählt. So sehr wir bei ihm bis jetzt auf die Beobachtung der psychischen Seite der Erscheinungen beschränkt sind, so kann doch kaum ein Zweifel daran aufkommen, dass die Veränderungen des Bewusstseins ihre körperliche Grundlage in den Hemmungen der centralen Functionen finden, welche der Schlaf herbeiführt. Zweifelhafter kann man rücksichtlich des hallucinatorischen Charakters der Traumvorstellungen sein. Ich selbst war früher geneigt, denselben aus der in Folge der Hemmungen der Circulation eintretenden Anhäufung von Zersetzungsproducten des Stoffwechsels abzuleiten [2]). Die Analyse der verwandten Erscheinungen der Hypnose lässt mir jetzt die oben dargelegte Hypothese als die wahrscheinlichere erscheinen, um so mehr da die allgemeine Annahme einer Steigerung der Reizbarkeit centraler Elemente über die eigenthümliche Mischung von Hemmungs- und Erregungserscheinungen, welche den Schlaf und Traum auszeichnet, keine Rechenschaft gibt. Dagegen dürfte der im Schlafe eintretenden Hirnanämie insofern die Rolle eines mitwirkenden Factors zukommen, als sie wahrscheinlich eine Herabsetzung der Erregbarkeit der Elemente und damit jenen raschen Eintritt der Functionsruhe herbeiführt, welcher sich in der nach dem ersten Einschlafen erfolgenden plötzlichen Zunahme der Weckschwelle verräth. (Vgl. oben S. 536 Anm.)

Zu Auffassungen, die zu den hier vertretenen in diametralem Gegensatze stehen, neigte in der Regel die spiritualistische Psychologie, indem sie den Traum als eine zeitweise Befreiung der Seele von den Schranken der Körperlichkeit, als eine Entfaltung ihres eigensten inneren Wesens u. dergl. mehr auffasste. Namentlich in der SCHELLING'schen Schule und innerhalb der ihr verwandten Richtungen wurden solche Ideen gepflegt, und noch in neuerer

---

1) PFLÜGER's Archiv, X, S. 468. Vgl. auch ebend. S. 251 ff.
2) Vgl. die 3. Aufl. dieses Werkes S. 446 f.

Zeit sind sie nicht ganz verschwunden[1]). Doch ist anzuerkennen, dass auch von psychologischer Seite aus eine sorgfältigere Zergliederung der wirklichen Traumerscheinungen mehr und mehr diesem phantastischen Traumcultus den Boden entzogen hat[2]).

Vielfach ist die Frage erörtert worden, ob der Mensch während des Schlafes immer träume oder nicht. Einige Beobachter versichern, dass sie sich jedesmal beim Erwachen bewusst seien geträumt zu haben[3]). Dieser Angabe würde aber wahrscheinlich leicht eine große Zahl entgegengesetzter Wahrnehmungen gegenübergestellt werden können. Wegen der großen Schnelligkeit, mit der die Träume aus dem Gedächtniss verschwinden, lässt sich natürlich die Frage durch die Beobachtung nicht endgültig entscheiden. Die objective Beobachtung Schlafender spricht jedenfalls gegen ein immerwährendes Träumen, da die mimischen Bewegungen, durch welche sich der Traum verräth, im tiefen Schlaf zu fehlen pflegen. Meistens hat man auch aus speculativen Gründen dem permanenten Traum das Wort geredet, da man von der Ansicht ausging, die Seele müsse immer ihre Thätigkeit fortsetzen[4]). Alles was wir oben über die physiologischen Entstehungsbedingungen des Traumes erfahren haben, macht die entgegengesetzte Ansicht zur wahrscheinlicheren. In der N e i g u n g z u m T r ä u m e n spielen offenbar individuelle Dispositionen und Gewohnheiten eine große Rolle. In erster Linie hängt aber dieselbe, wie die statistischen Untersuchungen HEERWAGEN's[5]) lehren, von der gewohnheitsmäßigen Tiefe des Schlafes ab. Menschen mit leichtem Schlaf träumen viel, solche mit tiefem wenig, oder, falls sie träumen, so erinnern sie sich dessen meistens nicht. Außerdem träumen im allgemeinen Frauen mehr als Männer, sie haben aber auch einen leichteren Schlaf. Umgekehrt dagegen träumen jugendlichere Personen mehr und lebhafter als ältere, obgleich diese bekanntlich weniger tief schlafen. Diese Ausnahme von der allgemeinen Regel erklärt sich leicht aus den oben entwickelten Voraussetzungen, nach denen ja neben der Erniedrigung der Reizschwelle vor allem auch die auf der Leistungsfähigkeit der Nervencentren beruhende neurodynamische Wechselwirkung bei der Entstehung von Träumen in Betracht kommt.

---

1) Vgl. noch aus neuerer Zeit J. H. FICHTE, Psychologie, I, S. 528 ff. J. VOLKELT, Die Traumphantasie. Stuttgart 1875. Uebrigens ist VOLKELT, wie aus seinen neueren Veröffentlichungen hervorgeht, jetzt von vielen der in dieser Schrift vertretenen Ansichten zurückgekommen.

2) Vgl. namentlich L. STRÜMPELL, Die Natur und Entstehung der Träume. Leipzig 1874. H. SIEBECK, Das Traumleben der Seele. Berlin 1877. (VIRCHOW-HOLTZENDORFF-Sammlung wissensch. Vorträge.) H. SPITTA, Die Schlaf- und Traumzustände der menschlichen Seele. Tübingen 1878. 2. Aufl., 1882. P. RADESTOCK, Schlaf und Traum. Leipzig 1879. J. DELBOEUF, Le sommeil et les rêves. Paris 1885. GIESSLER, Aus den Tiefen des Traumlebens. Halle 1890. WEYGANDT, Entstehung der Träume. Leipzig 1893.

3) KANT, Anthropologie (Werke VII), S. 93. CHR. H. WEISSE, Psychologie und Unsterblichkeitslehre, hrsg. von R. SEYDEL. Leipzig 1869, S. 198. EXNER, HERMANN's Physiologie. II, 2. S. 294.

4) WEISSE a. a. O. S. 199. Vgl. hierzu SPITTA a. a. O. S. 104, 2. Aufl., S. 137.

5) HEERWAGEN, Phil. Stud. V, S. 301 ff.

3. Hypnotische Zustände.

Unter dem Namen des »Hypnotismus« fassen wir eine Reihe von Zuständen zusammen, welche dem Schlafe verwandt sind. von ihm aber im allgemeinen dadurch sich unterscheiden, dass nur ein Theil der während des Schlafes ruhenden Functionen gehemmt erscheint. Schon das Schlafwandeln zeigt daher einen den hypnotischen Zuständen verwandten Charakter, nicht bloß wegen der erhalten gebliebenen Körperbewegungen, sondern auch wegen der größeren Erregbarkeit der Sinne für äußere Eindrücke, durch welche die eintretenden Vorstellungen den normalen Sinneswahrnehmungen ähnlicher werden als im gewöhnlichen Schlafe.

Wie nun das Nachtwandeln eine auf wenige Individuen beschränkte Form des Traumes ist, so zeigt auch die Neigung zu hypnotischen Zuständen große individuelle Unterschiede. Der Eintritt derselben wird durch gleichförmige oder gleichförmig wiederholte Sinnesreize begünstigt. Leise Tasteindrücke, z. B. wiederholte Bewegungen der Hände über das Gesicht der Versuchsperson, längeres Anstarren eines glänzenden Gegenstandes, gleichförmige Schallreize, wie das Tiktak der Uhr, pflegen so namentlich die erste Entstehung hypnotischer Zustände zu erleichtern, wogegen sie bei öfter hypnotisirten Personen entbehrt werden können. Den wesentlichsten Einfluss üben dagegen psychische Momente aus. So kann bei empfänglichen Individuen, deren Reizbarkeit durch häufige Versuche dieser Art gesteigert ist, der bloße Befehl des Hypnotisators unmittelbar den Eintritt des Zustandes herbeiführen. Nicht minder wirkt die Vorstellung, dass etwas Ungewöhnliches sich ereigne, namentlich aber der feste Glaube an das Gelingen des Versuchs begünstigend; ja die bloße Vorstellung, dass zu einer bestimmten Zeit oder in Folge irgend einer vielleicht nur vermutheten äußeren Einwirkung der hypnotische Schlaf eintreten werde, kann diesen ohne weiteres erzeugen. Alle diese psychischen Beeinflussungen, welche theils den Zustand herbeiführen, theils den Verlauf und die Erscheinungen desselben bestimmen, pflegt man unter dem Namen der Suggestion zusammenzufassen.

Die hypnotischen Erscheinungen selbst gestalten sich nach dem Grad der stattgehabten Einwirkung verschieden. Es lassen sich so drei Stufen unterscheiden, wobei zugleich jede in der Regel das Vorbereitungsstadium der folgenden ist, und die übrigens ohne scharfe Grenzen in einander übergehen[1]). Sie sind als leichter, als tiefer hypnotischer Schlaf

[1]) Vgl. besonders die Schilderungen von BERNHEIM, Die Suggestion. Deutsch von

und als Somnambulie, der erste zuweilen auch als Lethargie, der zweite nach einzelnen Symptomen als kataleptischer Zustand bezeichnet worden. Die erste dieser Stufen unterscheidet sich wenig von einem gewöhnlichen leichten Schlaf oder Halbschlaf: die Augen schließen sich, Athmung und Herzschlag werden schwächer, der Körper bleibt unbeweglich in der durch die Schwere der Glieder bedingten Lage. Völlig verschieden davon ist das Bild der zweiten Stufe. Sie ist sehr häufig durch den Eintritt eines kataleptischen Starrezustandes ausgezeichnet: die Glieder setzen passiven Bewegungen keinerlei Widerstand entgegen, sie nehmen jede, auch die gezwungenste Lage an, in die man sie bringt, und verharren in derselben, so lange der Zustand oder der ertheilte Befehl dauert, unverändert. Der Uebergang aus dem ersten in das zweite Stadium kann unter günstigen Umständen ohne weiteres herbeigeführt werden, wenn man durch Emporziehen des Augendeckels das Auge des Schlafenden passiv dem Lichte öffnet. Auf diese Weise kann sogar, wenn die Manipulation nur am einen Auge geschieht, die Katalepsie halbseitig eintreten, während die andere Körperhälfte in Lethargie verbleibt[1]. Uebrigens kann auch von vornherein der hypnotische Zustand halbseitig erzeugt werden, wenn man die oben erwähnten Bestreichungen nur auf der einen Körperseite vornimmt. Bei fortgesetzter Einwirkung, bei sehr reizbaren und oft hypnotischen Individuen, zuweilen aber auch unmittelbar nach einem kurzen lethargischen Vorstadium erfolgt der Uebergang zur dritten Stufe, der Somnambulie. Sie herbeizuführen gelingt übrigens nur bei solchen, die hierzu günstig disponirt sind; namentlich die extremeren Erscheinungen sind theils nur an hysterischen, theils durch häufige Hypnotisirung sehr reizbar gewordenen Personen beobachtet. Dieses Stadium ist dadurch ausgezeichnet, dass in ihm die Sinne wieder functioniren, und die Bewegungsorgane willkürliche Bewegungen ausführen können. Doch geschieht beides in einer einseitig beschränkten, von den Bedingungen des wachen Zustandes wesentlich verschiedenen Weise. Diese Beschränkung verräth sich hauptsächlich in der Einengung der Apperceptionsfähigkeit auf ganz bestimmte äußere Einwirkungen, während für sonstige Sinnesreize völlige Unempfindlichkeit bestehen kann. Unter den erregungsfähigen Sinnesreizen stehen aber die Einwirkungen des Hypnotiseurs oben an. Während der Hypnotisirte die an ihn gerichteten Worte und Zurufe anderer Personen in der Regel völlig unbeachtet lässt, gegen Nadelstiche und andere schmerz-

S. Freud. Berlin u. Leipzig 1888, S. 21 ff., und von A. Forel, Der Hypnotismus. 2. Aufl. Stuttgart 1891. Ueber das Verhalten des Pulses, der Athmung und der übrigen physiologischen Functionen während des hypnotischen Zustandes siehe H. Beaunis, Études physiologiques et psychologiques sur le somnambulisme provoqué. Paris 1886, p. 1 ff.

1) Vgl. J. Delboeuf, Une visite à la Salpêtrière. Extrait de la Revue de Belgique. Bruxelles 1886, p. 7 ff.

erregende Reize nicht selten völlige Analgesie zeigt, kommt er den Winken und Befehlen jener einen Person pünktlich nach und bildet sich nach ihren Eingebungen phantastische Vorstellungen, welche die Lebhaftigkeit unmittelbarer Sinneswahrnehmungen erreichen können. So entwickeln sich die Erscheinungen der von Heidenhain so genannten Befehlsautomatie und der suggerirten Hallucinationen[1]. Der Hypnotische ahmt die Bewegungen nach, die man ihm vormacht, oder führt widerstandslos ihm gegebene Befehle aus. Das Stattfinden von Illusionen und Hallucinationen in Folge der eingegebenen Vorstellungen spiegelt sich in ausgeführten Handlungen und in dem mimischen Gesichtsausdruck. Gewöhnlich werden diese Suggestionen nach dem Erwachen vergessen; doch gelingt es häufig sie durch Erweckung einer in ihnen vorkommenden Vorstellung wieder in das Gedächtniss zurückzurufen. Objective Eindrücke können in fast beliebig veränderter Weise appercipirt werden. Der Hypnotische isst z. B. auf Befehl eine rohe Zwiebel, die man ihm für einen Apfel ausgibt, oder er trinkt Tinte statt Wein, ohne in seinen Mienen eine widrige Geschmacksempfindung zu verrathen. Er sieht auf einem weißen Blatt Papier ein farbiges Kreuz, das man ihm beschreibt, ohne dass es vorhanden ist, ja die eingegebene Empfindung kann das ihr entsprechende Nachbild in der Contrastfarbe zurücklassen[2]. Endlich ist der Hypnotiseur im Stande durch die Fragen, die er stellt, und durch die Befehle, die er ertheilt, nach Willkür die Vorstellungen auf vergangene Ereignisse zu lenken. Dabei zeigt sich das Gedächtniss vielfach durch die Einengung des Bewusstseins auf die angeregte Vorstellungsreihe in ungewöhnlichem Maße geschärft, und hiermit pflegt sich auch in dem Sinne ein widerstandsloses Hingeben an die angeregten Vorstellungen und Handlungen zu verbinden, als die Fähigkeit sich der Antwort auf gestellte Fragen zu entziehen ganz verloren gegangen ist. Ebenso wie ein absichtliches Verschweigen der Gedanken ist die absichtliche Lüge, wenigstens in den meisten Fällen, ausgeschlossen.

Bei ausgeprägter Somnambulie kann diese nach eingetretenem Erwachen aus dem hypnotischen Schlaf Nachwirkungen hinterlassen. Der Somnambule führt jetzt erst Befehle aus, die ihm während des Schlafes gegeben wurden, oder er handelt unter dem Einfluss der ihm früher eingegebenen und zu einer bestimmten Zeit reproducirten Vorstellungen. Zu diesen posthypnotischen Wirkungen gehört es namentlich, dass er nach einer gegebenen Zahl von Stunden, manchmal auch von Tagen und Wochen, dem vorausgegebenen Befehl gemäß in neuen hypnotischen Schlaf verfällt oder eine bestimmte Handlung vornimmt, z. B. einen bestimmten Besuch

1) Heidenhain, Der sogenannte thierische Magnetismus. 4. Aufl. S. 47 ff.
2) Delboeuf a. a. O. p. 13.

ausführt, bei dieser Gelegenheit gewissen ihm eingegebenen phantastischen Illusionen anheimfällt, etwa den Beobachter in blauem Mantel, mit Hörnern auf dem Kopfe erblickt u. dergl. Auch in dem Sinne aber kann die Macht der eingegebenen Vorstellung nachwirken, dass sie auf die somnambule Person selbst Wirkungen äußert, die dem an und für sich gar nicht existirenden Object der eingegebenen Vorstellung entsprechen. So kann z. B. durch aufgeklebtes Briefmarkenpapier die Wirkung eines Zugpflasters erzielt werden, nachdem die Vorstellung eingegeben war, dass das Papier wirklich ein Zugpflaster sei. Es ist wahrscheinlich, dass manche der vorgeblichen Wundererscheinungen des natürlichen Somnambulismus mit ähnlichen subjectiven Wirkungen zusammenhängen.

Die inneren Ursachen der hypnotischen Zustände sind ebenso wenig wie die des Schlafes mit Sicherheit ermittelt. Auch stand der mystische Zauber, der schon wegen ihrer Seltenheit die Erscheinungen in den Augen Vieler umgab, sowie der betrügerische Missbrauch, der mit ihnen getrieben wurde, einer wissenschaftlichen Prüfung lange Zeit, und steht ihr zum Theil noch gegenwärtig störend im Wege. Bei der nahen Verwandtschaft welche die eintretenden Veränderungen des Bewusstseins mit den im Schlafe stattfindenden darbieten, werden aber jedenfalls hier ähnliche ursächliche Verhältnisse anzunehmen sein. In der That ist es augenfällig, dass der größte Theil der Erscheinungen sich als eine Hemmungswirkung auffassen lässt, welche sich nach der physischen Seite als eine Hemmung des Apperceptionsorgans, nach der psychischen als eine Willenshemmung zu erkennen gibt. Dass durch äußere Sinnesreize derartige Hemmungen herbeigeführt werden können, ist eine auch sonst bekannte Thatsache. Die einfachsten Fälle solcher durch Reizung sensibler Nerven hervorgebrachten Hemmungen sind die früher besprochenen Reflexhemmungen[1]. Bei der Hypnose ist nun nicht an eine Hemmung der centralen Reflexorgane zu denken, da im Gegentheil die Reflexerregbarkeit durch das Hinwegfallen der normalen Hemmungseinflüsse, die von den höheren Centralorganen ausgehen, gesteigert erscheint. Ebenso lässt das Fortbestehen der Bewegungsreflexe des Auges sowie der zusammengesetzten zweckmäßig coordinirten Körperbewegungen auf eine ungehemmte Function der Vier-, Seh- und Streifenhügel zurückschließen. Die Stätte der Hemmungswirkungen kann also nur in der Hirnrinde gesucht werden. Gleichwohl deuten auch hier die Erscheinungen auf ein Fortbestehen und im Stadium der Somnambulie sogar auf eine Steigerung gewisser Functionen hin. Das Bewusstsein ist sichtlich nicht aufgehoben: Vorstellungen werden vollzogen und theils unter dem Einfluss der Suggestion phantastisch asso-

1) Vgl. I, S. 179, 270 ff.

milirt, theils in entsprechende Bewegungen umgesetzt. Weder die Nachahmungsbewegungen noch die Reactionen auf zugerufene Befehle lassen sich als Reflexbewegungen auffassen, sondern sie sind Handlungen, die von Vorstellungen ausgehen, bei denen aber die hemmende und regulirende Wirksamkeit des Willens ausgeschlossen ist. Die Sinnes- und Bewegungscentren sind also in relativ ungehemmter Thätigkeit, und selbst die Function des Apperceptionsorgans erscheint nicht völlig aufgehoben; aber sie ist ganz auf jene passive Apperception beschränkt, welche sich widerstandslos den in den Sinnescentren entstandenen Vorstellungen hingibt und Bewegungserregungen auslöst, die den gebildeten Sinnesvorstellungen conform sind. Die ausgeführten Bewegungen haben also vollständig den Charakter von Triebbewegungen, und der Nachahmungstrieb spielt bei der Erzeugung derselben eine hervorragende Rolle[1]). Uebrigens finden sich offenbar mannigfache Abstufungen in dem Grade der Hemmung des Apperceptionsorgans: diese ist im somnambulen Zustand eine geringere als bei der bloßen Nachahmungsbewegung und der einfachen Befehlsautomatie, und bei dieser wahrscheinlich wieder eine geringere als bei der tiefen Hypnose, bei der manchmal bloß die Eingebung von Vorstellungen den Fortbestand des Bewusstseins verräth. Bei der eigentlichen Somnambulie ist aber außerdem unverkennbar eine gesteigerte Erregbarkeit der Sinnescentren gegenüber den assimilirten Eindrücken vorhanden, welche den eingegebenen Vorstellungen den Charakter von Illusionen und Hallucinationen verleiht. Diese gesteigerte Erregbarkeit werden wir aber muthmaßlich auf das nämliche Princip neurodynamischer Wechselwirkungen zurückführen können, aus dem der hallucinatorische Charakter der Traumvorstellungen verständlich wird[2]). Ein je größerer Theil des Centralorgans sich in einem Zustande functioneller Latenz befindet, um so größer wird die Reizbarkeit des functionirenden Restes. Dies vorausgesetzt werden nun die Erscheinungen der Hypnose wesentlich durch zwei Momente, in denen sie von den Bedingungen des gewöhnlichen Schlafes und Traumes abweichen, ihr eigenthümliches Gepräge empfangen: erstens wird die Steigerung der Reizbarkeit voraussichtlich eine größere sein können, weil nicht, wie beim normalen Schlaf, eine Erschöpfung der im Centralorgan vorhandenen disponibeln Kräfte vorausging; und zweitens geht in Folge der besonderen psychophysischen Bedingungen ihrer Entstehung bei der Hypnose die Einengung der Apperceptionsfunctionen in einer bestimmten Richtung vor sich, so dass dadurch die Empfänglichkeit für gewisse Sinneseindrücke, vor allem

1) Vgl. Cap. XXI.
2) Vgl. oben S. 543, sowie die eingehendere Darstellung der hier entwickelten Theorie: Hypnotismus u. Suggestion, S. 40 ff., Phil. Stud. VIII, S. 29 ff.

für die Einwirkungen des Hypnotiseurs, gesteigert, für alle andern aber herabgesetzt wird. Hieraus erklärt sich zugleich das geregeltere, scheinbar dem wachen Zustand ähnlichere Verhalten des Hypnotisirten. Diesen psychologischen Unterschieden entspricht auch die Differenz der physiologischen Symptome, so weit diese sich feststellen lassen. Vermöge der eingetretenen Erschöpfung an Arbeitsvorrath scheinen an dem normalen Schlaf auch die niedrigeren Centralorgane in einem gewissen Grade betheiligt zu sein: die Reactionen des Auges auf Lichtreize, die Reflexerregbarkeit sind daher, ebenso wie Athmung, Herzschlag und Secretionen, namentlich im Anfang des Schlafes stark herabgesetzt, während sie in der Hypnose in der Regel, soweit diese Functionen direct durch Suggestionen beeinflusst werden, nicht wesentlich verändert zu sein scheinen. Ebenso ist die Pupille in der Hypnose nicht, wie im Schlafe, verengt sondern erweitert, was auf eine Erregung sympathischer Nervenfasern hinzuweisen scheint[1]). Erst gegen Ende des Schlafs, wenn seine Tiefe sich bereits ermäßigt hat, lassen sich einzelne Erscheinungen, die der Hypnose gleichen, wie z. B. äußere Traumeingebungen, hervorbringen[2]).

Der Ausdruck »Hypnotismus« ist für die oben geschilderten Zustände zuerst 1841 von Braid eingeführt worden, welcher die Wirkungen des Anstarrens von Gesichtsobjecten ermittelte[3]). Die Wirkungen des Bestreichens sind hauptsächlich in den durch Anton Mesmer und seine Anhänger ausgeführten »thierisch-magnetischen Curen«, freilich untermischt mit mancherlei absichtlichen und unabsichtlichen Täuschungen, zur Geltung gekommen[4]). In Deutschland gaben die Schaustellungen des Magnitiseurs Hansen, welcher die Nachahmungsbewegungen und die Befehlsautomatie sehr auffallend zur Erscheinung brachte, zu Versuchen Anlass, welche Weinhold und Rühlmann in Chemnitz, R. Heidenhain und Berger in Breslau ausführten[5]). Seine Hauptpflege fand aber in neuerer Zeit dieses ganze Gebiet in Frankreich, wo zugleich in den beiden Schulen von Paris und Nancy die Hauptrichtungen vertreten sind, die gegenwärtig hinsichtlich der theoretischen wie der praktisch-medicinischen Bedeutung der

1) Heidenhain a. a. O. S. 25. Dagegen wurde bei den auf anderem Wege erzeugten dem Schlafe viel ähnlicheren analogen Erscheinungen der Thiere die Pupille, wenigstens in einzelnen Fällen, verengt gefunden. Vgl. Heubel, Pflüger's Archiv, XIV, S. 165.

2) Ueber verschiedene einzelne während der Hypnose oder als Nachwirkungen derselben beobachtete Erscheinungen, wie die sog. negativen Hallucinationen, die Amnesie, die Terminsuggestionen, Autosuggestionen u. s. w. vgl. meine angef. Schrift S. 19, 60 ff., Phil. Stud. VIII, S. 18, 54 ff. Ueber den Einfluss der Suggestion auf die vasomotorischen Centren, auf Circulation, Respiration und nutritive Processe vgl. Bernheim a. a. O. S. 69 ff.

3) Ueber die Versuche von Braid vgl. Carpenter, Mental physiology. 4. edit. London 1876, p. 601 ff. Preyer, Die Entdeckung des Hypnotismus. Berlin 1882.

4) Eine ausführliche Darstellung der Wirksamkeit Mesmer's gibt Ecker's Samml. Schwärmer und Schwindler zu Ende des 18. Jahrhunderts. Leipzig 1874, S. 70—221.

5) Weinhold, Hypnotische Versuche. Chemnitz 1879. Heidenhain, Der so genannte thierische Magnetismus. 4. Aufl. Leipzig 1880. Berger, Breslauer ärztliche Zeitschr. 1880, Nr. 10—12, 1881, Nr. 7.

Hypnose verbreitet sind. Die unter CHARCOT's Einfluss stehende Pariser Schule betrachtet gewisse äußere, rein physiologische Einwirkungen, wie die Bestreichungen, aber auch manche auf eine räthselhafte Fernewirkung zurückgeführte Einflüsse, wie die von starken Magneten, als die wesentlichen Bedingungen der Hypnose, die sie als einen pathologischen Zustand auffasst, wobei übrigens in Betracht kommt, dass sich die Beobachtungen der Pariser Aerzte wesentlich auf krankhafte, namentlich hysterische Personen beziehen[1]. Die Schule von Nancy dagegen, deren Hauptvertreter BERNHEIM ist, legt auf die Suggestion als die regelmäßige Entstehungsursache der Hypnose das Hauptgewicht, und sie betrachtet die sonstigen äußeren Einwirkungen, wie gleichförmige Sinneseindrücke, höchstens als ein unterstützendes Hülfsmittel, welches aber im allgemeinen selbst nur durch die Suggestion von Vorstellungen wirke. Der Zustand der Hypnose wird von dieser Seite nicht oder doch nur in seinen extremen Formen als ein pathologischer angesehen, indem man einerseits auf die nahen Beziehungen zu Erscheinungen des normalen Bewusstseins, anderseits auf die Beobachtung sich stützt, dass nur sehr wenige Menschen, bei wiederholten Versuchen vielleicht gar keine der Suggestion unzugänglich sind[2]. Gegenwärtig haben, namentlich auch in Deutschland, die Anschauungen der Schule von Nancy im allgemeinen die Herrschaft davongetragen. Ihr Vorzug besteht offenbar darin, dass sie einen einheitlichen Gesichtspunkt für die Betrachtung der Erscheinungen abgeben und bemüht sind dieselben mit sonstigen physiologischen und psychologischen Thatsachen in Beziehung zu bringen. An occultistischen Bestrebungen, die an die mystischen und abergläubischen Vorstellungen der Mesmeristen und thierischen Magnetiseure wieder anknüpfen, hat es freilich unter den Anhängern der Schule von Nancy ebenso wenig wie denen der Pariser gefehlt, wenn auch die hervorragenderen Vertreter des wissenschaftlichen Hypnotismus, wie CHARCOT, BERNHEIM, FOREL, solchen ferngeblieben sind. Bei aller Anerkennung der praktisch-medicinischen Bedeutung des Hypnotismus kann man aber nicht leugnen, dass er in der heutigen Psychologie mancherlei verworrenen Bestrebungen Vorschub geleistet hat, die von dem Erfolg sogenannter »hypnotischer Experimente« ungeahnte Aufschlüsse über das Wesen der Seele erwarteten[3]. Solche Erwartungen hat natürlich das Studium der Hypnose ebenso wenig wie das des Traumes erfüllt, wenn auch nicht geleugnet werden soll,

---

1) DEMARQUAY et GIRAUD-TEULON, Recherches sur l'hypnotisme. Paris 1860. CH. RICHET, Journal de l'anat. et de la physiol. par ROBIN, 1875, p. 348. RICHER, Études cliniques sur l'hystéro-épilepsie ou grand hystérie. Paris 1881. P. JANET, L'automatisme psychologique. Paris 1889. A. BINET, Les altérations de la personnalité. Paris 1892. Vergl. außerdem die Berichte der Société de psychologie physiologique zu Paris, Revue philos. 1885—1893.

2) LIÉBAULT, Du sommeil et des états analogues. Paris 1866. BERNHEIM, Die Suggestion und ihre Heilwirkung. Deutsch von S. FREUD. Leipzig und Wien 1886. BEAUNIS, Études sur le somnambulisme provoqué. Paris 1886. Gute Darstellungen der Haupterscheinungen der Hypnose im Sinne der Anschauungen der Schule von Nancy geben A. FOREL, Der Hypnotismus. Stuttgart 1889. 2. Aufl. 1891. A. MOLL, Der Hypnotismus. 2. Aufl. Berlin 1890.

3) Unter den occultistischen oder sich zum Occultismus hinneigenden Bestrebungen der Hypnotismus-Psychologie kann man eine extremere und eine gemäßigtere Richtung unterscheiden. Die erstere cultivirt namentlich das Gebiet der so genannten »Telepathie« und ist in der englischen »Society for psychological Research«, zum Theil aber auch in der Pariser »Société de Psychologie physiologique« vertreten. (Vgl. z. B. RICHET, Experimentelle Studien auf dem Gebiete der Gedankenübertragung. Deutsch von

dass sich hier wie dort namentlich für die Physiologie der höheren Centralorgane wichtige Gesichtspunkte ergeben[1].

Die Anhänger des »thierischen Magnetismus« pflegten die hypnotischen Erscheinungen auf eine mystische Naturkraft zurückzuführen, über welche gewisse Menschen, Medien genannt, ausschließlich oder vorwiegend verfügen sollen. Gewöhnlich wurde angenommen, schon der bloße Wille eines magnetisirenden Mediums genüge, um an einem andern Menschen gewisse Veränderungen hervorzubringen. Von diesen Annahmen hat sich nichts bestätigt: jeder Mensch ist fähig, als sogenanntes Medium zu wirken, Nachahmungsbewegungen und automatische Handlungen treten aber nur ein, wenn die Bewegungen deutlich vorgemacht und die Befehle zugerufen werden. Nach den jetzt vorliegenden statistischen Ermittelungen zeigen sich nur 7—8 % aller Individuen nicht influenzirbar, und auch bei ihnen beruht dies wohl nicht auf einer absoluten Unmöglichkeit, sondern hauptsächlich auf ihrem eigenen absichtlichen Widerstreben. Dagegen sind die höchsten Grade seltener. So beobachtete Beaunis in 28,9 von 100 Fällen leichtere, in 84,1 Fällen intensivere Wirkungen, aber nur in 15,7 eigentlichen Somnambulismus. Damit stimmen die Ergebnisse anderer Beobachter sehr nahe überein[2].

Der wissenschaftlichen Erklärung des Hypnotismus sind von selbst zwei Ausgangspunkte gegeben: einerseits die verwandten Erscheinungen des Schlafes und Traumes, und anderseits die sonstigen Beobachtungen über centrale Hemmungswirkungen. Auf solche ist schon von Heidenhain hingewiesen worden. Er vermuthet eine functionelle Hemmung der Großhirnrinde, während die niedigeren Centraltheile, Vierhügel, Sehhügel u. s. w., ihre Thätigkeit fortsetzten. Auf diese führt er insbesondere auch die Traumvorstellungen, Nachahmungsbewegungen und automatischen Befehlshandlungen zurück[3]. Gerade die letzteren Erscheinungen dürften jedoch beweisen, dass sich, wie oben ausgeführt wurde, die verschiedenen Rindenorgane in verschiedenem Grade im Zustande der Hemmung befinden, wobei aber vor allem die partielle Hemmung des Apperceptionsorgans, welche nur noch eine passive Apperception möglich macht, dem Zustand in allen seinen Stadien sein eigenthümliches Gepräge verleiht; in dieser glaube ich daher die primäre Ursache des hypnotischen Zustandes sehen zu dürfen, an die sich dann vermöge der neurodynamischen und indirect der vasomotorischen Wechselwirkungen die Erscheinungen gesteigerter Reizbarkeit für gewisse Eindrücke anschließen. Die Bedeutung der Suggestion oder, wie man es damals nannte, der »Phantasie« bei den Experi-

---

v. Schrenck-Notzing. Stuttgart 1891. Dazu in widerlegendem Sinne: A. Moll, Der Rapport in der Hypnose. Schriften der Ges. f. psych. Forschung. I, S. 478 ff.) Die zweite begnügt sich mit der Annahme mehr oder minder mystischer Seelenkräfte, z. B. eines doppelten Bewusstseins, einer mehrfachen Persönlichkeit u. dgl. (Vergl. Max Dessoir, Das Doppel-Ich. Berlin 1889.) Ein Erzeugniss letzterer Richtung mit starker Hinneigung zur ersteren ist das Buch von H. Schmidkunz, Psychologie der Suggestion. Stuttgart 1892.

1) Vgl. hierzu meine angef. Schrift, S. 82 ff., Phil. Stud. VIII, S. 62 ff.

2) Beaunis a. a. O. p. 3 ff.

3) Aehnliche physiologische Hypothesen sind von G. H. Schneider (Der psychol. Ursprung der hypnotischen Erscheinungen, Leipzig 1880), Rieger (Ueber Hypnotismus, Sitzungsber. der Würzburger phys. med. Gesellsch. 1882), Beaunis (Le somnambulisme provoqué, p. 95), A. Lehmann (Die Hypnose und die damit verwandten normalen Zustände, Leipzig 1890) u. A. aufgestellt worden. Ueber einige dieser Erklärungsversuche vgl. meine angef. Schrift S. 24 ff., Phil. Stud. VIII, S. 17 ff.

menten MESMER's und seiner Anhänger ist übrigens schon im vorigen Jahrhundert durch eine zur Prüfung niedergesetzte französische Commission ins Licht gestellt worden [1]).

Erscheinungen, die mit der Hypnose einige Verwandtschaft besitzen, sind auch bei Thieren als Folgen gewisser Sinneseinwirkungen beobachtet worden. Sie unterscheiden sich jedoch schon in ihrer Entstehungsweise dadurch von der eigentlichen Hypnose, dass sie meist als Folgen starker Eindrücke auftreten. Bei manchen Thieren entsteht, wenn man sie plötzlich gewaltsam anfasst oder ihren Körper in eine ungewohnte Lage bringt, ein kürzer oder länger anhaltender Starrezustand, der dann zuweilen in wirklichen Schlaf übergeht. So bleiben Vögel, die man gefesselt und dann schnell von der Fessel befreit oder auch bloß zu Boden gedrückt hat, oft viele Minuten lang regungslos liegen, wie dies zuerst ATHANASIUS KIRCHER beobachtete und in neuerer Zeit CZERMAK bestätigte [2]). Ebenso verhalten sich Vögel, Frösche, Kaninchen u. s. w., wenn man sie auf den Rücken legt, oder sonst in eine ungewohnte Lage bringt. Auch die Erstarrung mancher Insecten bei der Berührung, das sogen. »Sichtodtstellen der Käfer«, gehört hierher. CZERMAK bezeichnete diese Zustände als »hypnotische«, wobei er hierunter ganz allgemein schlafähnliche Zustände verstand. E. HEUBEL nahm einen wirklichen Schlaf an, der durch die plötzliche Unterbrechung der normalen Sinneserregungen (so namentlich bei der Lagerung der Thiere auf den Rücken) herbeigeführt werde [3]). PREYER setzte voraus, die Bewegungslosigkeit werde durch Schreck verursacht, und nannte daher den Zustand »Kataplexie« [4]). In der That dürfte nun in solchen Fällen, wie sie HEUBEL beobachtete, in denen Thiere Stunden lang mit geschlossenen Augen bewegungslos verharren, kaum mehr ein Unterschied vom wirklichen Schlaf existiren. Auch kann man zugeben, dass plötzliche schreckhafte Gemüthsbewegungen einen Zustand herbeiführen können, der in manchen Beziehungen den hypnotischen Zuständen verwandt ist. Dennoch dürfte damit weder die physiologische noch die psychologische Bedingung der Erscheinungen hinreichend bezeichnet sein. In beiden Beziehungen ist auch hier offenbar eine plötzliche Hemmung bestimmter Functionen, physiologisch eine Aufhebung der Körperbewegungen, psychologisch eine Willenshemmung, vorauszusetzen. Dass der Schreck ähnliche Hemmungen herbeiführt, und dass anderseits der Zustand der Bewegungslosigkeit zum wirklichen Schlaf disponirt und darum in ihn übergehen kann, lässt sich wohl nicht bezweifeln. Im allgemeinen scheint aber doch der Zustand der Thiere am meisten den hypnotischen Zuständen des Menschen verwandt zu sein, von ihnen nur durch den bei den veränderten Versuchsbedingungen begreiflichen Mangel gewisser Begleiterscheinungen, wie der Nachahmungsbewegungen, verschieden. Auch spricht für diese Beziehung der Umstand, dass, wie schon KIRCHER fand und CZERMAK bestätigte, bei den

---

1) Die Commission bestand aus FRANKLIN, LE ROY, BAILLY, DE BORY und LAVOISIER. Einen ausführlichen Auszug aus dem 1784 erschienenen Bericht derselben gibt SIERKE a. a. O. S. 176 f.

2) CZERMAK, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 3. Abth., LXVI, S. 361. PFLÜGER's Archiv, VII, S. 107.

3) HEUBEL, PFLÜGER's Archiv, XIV, S. 186.

4) PREYER, Die Kataplexie und der thierische Hypnotismus. Jena 1878.

Versuchen mit Vögeln gleichförmige Gesichtseindrücke, z. B. das Anstarren eines vor dem Kopfe gezogenen Kreidestriches oder vor dem Auge angebrachter Fixationsobjecte, den Eintritt begünstigen[1]).

4. Geistige Störung.

Die mannigfachen Veränderungen des Bewusstseins, welche sich im Verlauf der Geisteskrankheiten einstellen, können hier nicht Gegenstand einer ausführlichen Schilderung sein: wir müssen uns darauf beschränken, den allgemeinen Charakter der Erscheinungen hervorzuheben, durch welche sich die geistige Störung theils von andern Störungen des Bewusstseins unterscheidet, theils ihnen ähnlich ist. Vor allem sind es drei Gruppen von Merkmalen, welche die geistige Krankheit kennzeichnen, und von denen bald die eine bald die andere mehr hervortreten kann, während selten eine derselben ganz fehlt: 1) das Auftreten von Hallucinationen und Illusionen, 2) das veränderte Selbstbewusstsein und die dadurch bedingte veränderte Gefühlsreaction, endlich 3) die Abweichungen in dem Verlaufe der Vorstellungen[2]).

Hallucinationen und Illusionen sind die fast niemals fehlenden Begleiter einzelner Stadien der geistigen Störung. Sie sind ein Symptom gesteigerter Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen, das unter Umständen auch bei geistig Gesunden vorübergehend bestehen kann, das aber, wo andere störende Bedingungen hinzutreten, in hohem Grade geeignet ist die krankhafte Veränderung zu begünstigen und zu verstärken. Auch hier vermengen sich Hallucinationen und Illusionen so sehr, dass sie oft kaum von einander zu unterscheiden sind: bei den Illusionen spielen aber insbesondere Gemeinempfindungen eine hervorragende Rolle, daher sie auch mit der Störung des Selbstbewusstseins innig zusammenhängen. Den fixen Ideen, dass sich im Magen, in den Eingeweiden ein Thier befinde, dass der Körper des Kranken aus Glas bestehe u. dergl., liegen theils pathologische Gemeinempfindungen, theils Hyperästhesie oder Anästhesie der Haut zu Grunde. Oft combiniren sich dann solche Illusionen mit Phantasmen der übrigen Sinne. Der Kranke, der zugleich an Hallucinationen des Gehörs und des Gesichts leidet, glaubt, Vögel zwitscherten

1) Czermak, Pflüger's Archiv, VII, S. 118.

2) Die eingehende Schilderung dieser Abweichungen mit Rücksicht auf die verschiedenen Formen geistiger Störung ist in den Lehrbüchern der Psychiatrie nachzulesen. Eingehendere Darstellungen der allgemeinen Symptome der Geisteskrankheiten vom Standpunkte der neueren Psychologie geben E. Kraepelin in seinem Compendium der Psychiatrie. 3. Aufl., Leipzig 1889, S. 69 ff., und Th. Kirchhoff, Lehrbuch der Psychiatrie, Leipzig u. Wien 1892, S. 74 ff.

oder Frösche quakten in seinem Leibe, an seiner Haut kröchen Schlangen empor, u. s. w. Außerdem spielt bei diesen und andern phantastischen Illusionen Geisteskranker die verkehrte Gedankenrichtung meist eine wichtige Rolle. Diese verleiht erst den Hallucinationen ihre bestimmte Form und wird dann selbst hinwiederum durch die Phantasmen verstärkt. Oft kann es unter solchen Umständen schwer werden zu entscheiden, wie viel von den falschen Vorstellungen des Irren auf Rechnung der Illusion oder irriger Urtheile kommt[1]).

Die Veränderung des Selbstbewusstseins ist eines der hervortretendsten Merkmale der geistigen Störung. Oft hat sie in den krankhaften Gemeinempfindungen und in den von ihnen ausgehenden Illusionen ihre unmittelbare sinnliche Grundlage; in andern Fällen sind es krankhaft gesteigerte Gemüthsbewegungen, von denen die Veränderung ausgeht. Heftige und lang anhaltende Affecte pflegen daher als eine häufige Ursache der Seelenstörung zu gelten; doch ist hier wohl kaum jemals zu entscheiden, inwiefern die Steigerung der Gemüthsbewegungen Ursache oder selbst schon Folge der Störung sei. Sicher ist, dass sie, ähnlich der Hallucination, die Störung verstärken kann, wie denn überhaupt die Folgeerscheinungen der Geisteskrankheit die verhängnissvolle Eigenschaft haben, dass sie ihrerseits wieder ursächliche Momente für die krankhafte Veränderung abgeben. Die Störungen des Selbstbewusstseins können in der Geisteskrankheit alle möglichen Stadien durchlaufen, von jener leisen Verstimmung hypochondrischer Anfangsstadien, welche in jeder geringen körperlichen Störung ein unheilbares Uebel sieht, von dem Misstrauen und dem Verfolgungswahn des Melancholikers an bis zu der gänzlichen Veränderung der eigenen Persönlichkeit, die unter der fortdauernden Herrschaft illusorischer Vorstellungen und fixer Ideen sich ausbildet.

Eines der bedeutsamsten psychologischen Symptome der geistigen Störung bilden endlich die Veränderungen in dem Verlauf der Vorstellungen. Anfänglich nur in der fortschreitenden Concentration des Ideenkreises auf die mit der krankhaften Gemüthsrichtung zusammenhängenden Vorstellungen sich verrathend, greifen diese Veränderungen immer mehr um sich und führen zuletzt zu einer völligen Aufhebung der Denkfähigkeit. Der Grundzug derselben, aus dem sich auch alle

---

1) Nicht jedes falsche Urtheil über Sinneseindrücke darf demnach als Illusion bezeichnet werden. Wenn z. B. ein Irrer bunte Steinchen als Gold und Silber, elende Scherben als kostbare Antiquitäten sammelt, so sind dies nur Verkehrungen des Urtheils in Folge bestimmter Wahnideen. Der Fehler liegt hier, wie man sagen könnte, nicht in der unmittelbaren Vorstellung, sondern im Begriff, der sich durch verkehrte Gedankenverbindungen aus der Vorstellung entwickelt. Vergl. hierzu KAHLBAUM, Zeitschr. f. Psychiatrie, XXIII, S. 57. KRAEPELIN, Ueber Erinnerungstäuschungen, Archiv f. Psychiatrie, XVII, 3.

weiteren Erscheinungen erklären, besteht in dem Uebergewicht, das in fortschreitendem Maße die successiven Associationen über die apperceptiven Verbindungen der Vorstellungen gewinnen. Ist die Störung von geringerem Grade, so gibt sich diese Thatsache nur in den auffallenden Gedankensprüngen zu erkennen, die der Kranke, veranlasst durch beliebige, meist an zufällige Sinneseindrücke anknüpfende Associationen, ausführt. Diese Unstetigkeit des Denkens artet mehr und mehr in eine wilde Ideenflucht aus, die aber dabei die Eigenschaft hat, dass sie immer und immer wieder auf gewisse Vorstellungen, die durch häufige Association geläufig geworden sind, zurückführt. Schließlich sind solche Kranke überhaupt nicht mehr im Stande einen logisch geordneten Gedanken zu bilden, sondern der Zwang der sich aufdrängenden Associationen zertrümmert selbst die äußere grammatische Form. Unter den Associationen spielen meist die äußerlichsten, die bloßen Wortassociationen, eine dominirende Rolle; oft wird ein zufällig in dieser Weise entstandenes, nicht selten sinnloses Wort aufgegriffen und befestigt sich durch wiederholte Reproduction immer mehr[1]). Auf diese Weise ist es der zunehmende Mangel der inneren Willensthätigkeit, der activen Apperception, der als die Quelle dieser Störungen des Gedankenverlaufs erscheint, und der seinerseits unvermeidlich zu entsprechenden Störungen im Gebiet der äußeren Handlungen führt. Auch hier verliert der Wille mehr und mehr die Herrschaft über die durch die jeweiligen Affecte entstehenden Triebhandlungen.

Durch die Incohärenz der Ideen, die Urtheilstäuschungen und Verwechselungen, welche dieselbe mit sich führt, wird die oft betonte Verwandtschaft des Traumes mit der geistigen Störung, die in den phantastischen Vorstellungen ihren nächsten Vergleichungspunkt hat, vollendet[2]). In der That können wir im Traume fast alle Erscheinungen, die uns in den Irrenhäusern begegnen, selber durchleben. Nur liefert der Traum, der meist von den Reproductionen der jüngsten Vergangenheit lebt, seiner Natur nach wechselndere Bilder, während der Irre meistens in festere Vorstellungskreise gebannt bleibt. Diese Analogie zwischen Traum und Wahnsinn beruht ohne Zweifel auf übereinstimmenden Ursachen. Die gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen, welche die Entstehung phantastischer Vorstellungen begünstigt, macht zugleich jeden Eindruck und jede Reproduction zu einem wirksamen Anknüpfungspunkt neuer Ideenverbindungen. Darum treten fast unvermeidlich zur Hallucination und Illusion Störungen im Verlauf der Vorstellungen hinzu, und bei der geistigen Störung können, wie es scheint, die letzteren sogar zuweilen als die einzigen Zeichen der veränderten centralen Reizbarkeit auftreten. In der Regel vermag hier der Wille längere Zeit noch abnorme Handlungen, zu denen die Vorstellungen hindrängen, zu unterdrücken, bis bestimmte Ideen, die, durch irgend

1) Ueber die Sprache der Irren vgl. Snell, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, IX, S. [illegible] Brosius, ebend. XIV, S. 63.
2) Vgl. Radestock, Schlaf und Traum, S. 217 ff.

einen Zufall entstanden, sich immer wieder reproduciren, schließlich eine solche Macht gewinnen, dass der Drang zu der verkehrten Handlung unwiderstehlich wird. Hierher gehören die Fälle, wo plötzlich ein Individuum von dem Trieb ergriffen wird in einer öffentlichen Versammlung oder in der Kirche unpassende Reden auszustoßen, einen Andern oder sich selbst zu ermorden, sich von der Höhe eines Thurmes herabzustürzen, Brand zu legen u. s. w. Vorstellungen dieser Art können auch dem völlig Gesunden auftauchen, aber er unterdrückt sie rasch, ohne ihnen weitere Folge zu geben. Pathologisch wird der Zustand, wenn die einmal auf diese Weise gebildete Vorstellung sich immer und immer wieder reproducirt und endlich den Verlauf aller andern Gedanken in unerträglicher Weise durchkreuzt. Oft bilden auch hier wahrscheinlich Störungen des Gemeingefühls die ursprüngliche Ursache der gesteigerten centralen Reizbarkeit[1]). Diese von eigentlichen Phantasmen befreiten Fälle kommen, wie man sieht, mit den heftigeren Formen geistiger Störung doch immer noch darin überein, dass sie zur Bildung **fixer Ideen** neigen, welche eine immer zwingendere Macht über alle andern Vorstellungen und über das Handeln gewinnen. Dieser allen psychischen Krankheiten gemeinsame Charakterzug findet darin seine Erklärung, dass viele psychische Störungen mit einem Reizungszustand oder mit gesteigerter Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen beginnen, welche auf die motorischen Centralgebiete mehr oder weniger intensiv übergreifen kann. Eine solche Zunahme der Reizbarkeit trägt nun die Disposition in sich, alle möglichen Vorstellungen in verstärktem Grade nachklingen zu lassen und zu öfterer Reproduction zu bringen. Aber da das Bewusstsein immer nur eine begrenzte Zahl von Vorstellungen fortwährend disponibel zu halten vermag, so führt sie nothwendig dazu, dass die leicht verfügbaren Vorstellungen sich auf einen immer enger werdenden Kreis zusammenziehen. In jedem Bewusstsein sind gewisse Vorstellungen herrschender als andere. In dem Bewusstsein des Geisteskranken lassen solche herrschende Vorstellungen, indem die Tendenz zu ihrer Reproduction immer mehr anwächst, schließlich keine andern mehr neben sich aufkommen. Ihre nähere Beschaffenheit kann theils durch phantastisch umgestaltete Sinneseindrücke, theils durch Gemeingefühle, theils aber auch, wie ohne Zweifel in vielen Fällen rein formaler Störungen des Vorstellungsverlaufes, durch zufällige Erlebnisse bestimmt werden, die eine Vorstellung, wenn nur eine mehrmalige Reproduction derselben zu Stande gekommen ist, immer mehr fixiren. Hört dann nach längerer Zeit der centrale Reizungszustand auf, so ist durch die zurückbleibende Verödung der centralen Sinnesflächen das Bewusstsein überhaupt ein engeres geworden. In ihm haben daher nun nur noch jene festen Vorstellungen Platz, welche durch fortwährende Reproduction hinreichend fixirt sind. So kommt es, dass, jemehr der Reizungszustand der Paralyse weicht, die fixe Idee immer festere Wurzel fasst und endlich vor dem gänzlichen Erlöschen des Selbstbewusstseins das einzige Licht bleibt, das die geistige Nacht des Paralytikers erhellt.

---

1) Beobachtungen solcher Fälle vgl. bei MARC, Geisteskrankheiten, übers. von IDELER, I, S. 171, II, S. 342 f., ferner KNOP, Die Paradoxie des Willens. Leipzig 1863. Die Frage der Zurechnung erörtert von KRAFFT-EBING, Vierteljahrsschr, f. gerichtliche Medicin, XII, S. 127 f. MARC und KNOP halten diese Erscheinungen für primitive Erkrankungen des Willens, eine Auffassung, die mir psychologisch nicht haltbar zu sein scheint.

Fünfter Abschnitt.

Von dem Willen und den äufseren Willenshandlungen.

Zwanzigstes Capitel.

Der Wille.

1. Entwicklung des Willens.

Wir unterscheiden eine doppelte Richtung unserer Willensthätigkeit, eine innere und eine äußere. Mit den inneren Willenshandlungen haben sich, da dieselben einen wichtigen Bestandtheil der Erscheinungen des Bewusstseins ausmachen, bereits die Untersuchungen des vorigen Abschnittes beschäftigt; hier bleibt uns daher nur die Betrachtung jener äußeren, in körperlichen Bewegungen zu Tage tretenden Wirkungen des Willens übrig, auf welche man den Begriff der Willenshandlungen vorzugsweise anzuwenden pflegt. Ehe wir uns einer Zergliederung dieser äußeren Willenshandlungen zuwenden, wird es jedoch erforderlich, dass wir an der Hand der zuvor erörteten Thatsachen des Bewusstseins über die Natur des Willens selbst Rechenschaft zu geben versuchen.

Definiren lässt sich der Wille ebenso wenig wie das Bewusstsein. Wenn wir ihn als eine im Bewusstsein wahrnehmbare Thätigkeit bezeichnen, welche theils in den Verlauf unserer inneren Zustände bestimmend eingreift, theils äußere Bewegungen, die jenen Zuständen entsprechen, hervorbringt, so ist diese Umschreibung um so weniger eine eigentliche Begriffsbestimmung zu nennen, als der Begriff der Thätigkeit zunächst selbst nur aus unsern eigenen Willenshandlungen herstammt und erst von ihnen auf äußere bewegte Gegenstände übertragen wurde. Die psychologische Untersuchung des Willens sieht sich daher ausschließlich auf di-

Verfolgung der Entwicklung der Willensthätigkeiten und auf den hierbei zur Geltung kommenden Zusammenhang derselben mit den andern psychischen Phänomenen angewiesen.

Unter diesen Phänomenen sind es die Gefühle und Gemüthsbewegungen, zu denen der Wille in nächster Beziehung steht. Wenn überhaupt ein Bewusstsein möglich wäre, in dem sich die Vorstellungen ohne jene nie fehlenden subjectiven Begleiter bewegten, so würde sicherlich eine Willensäußerung in einem solchen Bewusstsein undenkbar sein; denn es würde demselben an jedem Antriebe mangeln, sich bestimmten Vorstellungen zuzuwenden oder bestimmte äußere Handlungen aus Anlass innerer Vorgänge zu vollbringen. Insbesondere sind es die Triebe, in denen diese Beziehung zum Willen deutlich hervortritt. Da aber die Triebe stets aus Gefühlen hervorgehen, und da sogar jedes Gefühl die Anlage besitzt sich in einen Trieb umzuwandeln, so kann an der unmittelbaren Beziehung aller jener subjectiven Zustände des Bewusstseins zum Willen nicht gezweifelt werden.

Meistens hat man sich nun diese Beziehung selbst als eine Entwicklung gedacht, in welcher Gefühle, Triebe und Willenserregungen die drei auf einander folgenden Stadien bilden sollen. Das zuerst vorhandene Gefühl, unter Umständen zum Affecte sich umwandelnd, erzeuge zuerst ein Begehren oder Widerstreben, worauf dann dieses den Willen in Bewegung setze[1]. Aber diese Auffassung ist noch deutlich beherrscht von der herkömmlichen Begriffszerlegung der Vermögenstheorie. Gefühl, Trieb und Wille erscheinen als völlig geschiedene Zustände, und wenn auch der Wille immer die beiden ersten zu seiner Voraussetzung hat, so sollen doch Gefühle und Triebe ohne die Existenz eines Willens möglich sein. Nicht selten nimmt man darum auch noch äußere Entwicklungsbedingungen an, welche zu den inneren Antrieben des Gefühls hinzutreten müssen, damit der Wille entstehen könne: erst die Vorstellung äußerer Bewegungen des eigenen Körpers und die sich hieran knüpfende Wahrnehmung, dass bestimmte Bewegungen vorhandene Lustgefühle verstärken oder Unlustgefühle beseitigen, soll jene Umsetzung des Gefühls in eine Willensthätigkeit möglich machen. So erscheint diese sammt dem Trieb, aus dem sie hervorgeht, als ein Vorgang, der außer dem Gefühl noch eine gewisse Ansammlung äußerer Erfahrungen voraussetzt[2].

Es ist leicht zu sehen, dass man hierbei die Entstehung äußerer und noch dazu zweckbewusster Willenshandlungen mit der Entstehung des Willens selber verwechselt. Nun ist die äußere Willenshandlung, wie

1) Vgl. z. B. Th. Waitz, Lehrbuch der Psychologie, § 41, S. 422 ff. L. George, Lehrbuch der Psychologie, S. 552 ff.
2) Lotze, Medicinische Psychologie, S. 298.

schon früher bemerkt wurde, ein unter mannigfachen Vermittelungen entstandenes Folgeproduct der inneren Willensthätigkeit, der Apperception Bei dieser lässt sich aber von einer Entstehung überhaupt nicht reden, sondern es lassen sich nur die Entwicklungen aufzeigen, zu denen sie unter Hinzutritt weiterer bedingender Momente den Anlass bietet. So kann denn auch davon keine Rede sein, dass sich jene primitive innere Willensthätigkeit erst aus Gefühlen und Trieben entwickelt hätte. Vielmehr lernten wir umgekehrt schon bei den einfachsten Gefühlen das Verhältniss der einwirkenden Reize zur Apperception als die wesentliche Bedingung kennen, von der die Stärke und Richtung der Gefühle abhängt[1]. Im Gegensatze zu jener Anschauung, welche den Willen aus Gefühlen und Trieben entstehen lässt, müssen wir darum vielmehr den Willen als die fundamentale Thatsache bezeichnen, von der zunächst die Gefühlszustände des Bewusstseins bedingt sind, unter deren Einfluss dann weiterhin aus diesen sich Triebe entwickeln und die Triebe sich in immer verwickeltere Formen äußerer Willenshandlungen umsetzen. Gefühle und Triebe erscheinen nun nicht mehr als Vorstufen für die Entwicklung des Willens sondern als Vorgänge, die dieser Entwicklung selbst angehören, und bei denen die Wirksamkeit der inneren Willensthätigkeit als constante Bedingung erforderlich ist. Das Problem der Entwicklung des Willens zerlegt sich von diesem Gesichtspunkte aus in zwei Fragen: 1) Welches sind die Beziehungen der primitiven inneren Willensthätigkeit zu den übrigen Phänomenen des Bewusstseins? 2) Wie entsteht aus der inneren eine äußere Willensthätigkeit, und wodurch sind die mannigfaltigen Umgestaltungen bedingt, welche dieselbe erfährt?

In der bisherigen Darstellung der Apperception erschien dieselbe als eine mit dem Vorstellen verbundene Thätigkeit, die bald von einem vorherrschenden Reiz passiv bestimmt wird, bald zwischen verschiedenen Eindrücken activ eine Auswahl trifft[2]. Bei der näheren Untersuchung erwies sich aber die Grenze zwischen der passiven und activen Apperception als eine fließende: es musste zugestanden werden, dass das Vorherrschen eines einzelnen Reizes genüge, um einen Apperceptionsact zum passiven zu stempeln, und dass anderseits ein der wirklichen Apperception vorausgehender Wettstreit annähernd gleich starker Reize vollkommen zureiche, um derselben einen activen Charakter zu geben. Der Unterschied stellte sich auf diese Weise als ein gradweiser und als ein Unterschied der Entwicklung dar, insofern die eindeutige Lenkung der Apperception

1) Vgl. I, S. 588 ff.
2) Vgl. oben S. 266 ff.

auf einen einfacheren Zustand des Bewusstseins schließen lässt. Eine Wesensverschiedenheit der Apperceptionsthätigkeit selbst in beiden Fällen anzunehmen, war dagegen nirgends ein Grund gegeben[1]).

In der scheinbaren Unabhängigkeit der inneren Willensthätigkeit von ihren Objecten, den im Bewusstsein enthaltenen Vorstellungen, liegt nun das Motiv zu allen den Anschauungen, welche einen Gegensatz zwischen Willen und Bewusstsein voraussetzen. So wird der Wille bei KANT zu einer intelligiblen Eigenschaft des Subjects, welche den Erfahrungsgesetzen, denen der übrige Inhalt des Bewusstseins unterworfen ist, nicht folgt; bei SCHOPENHAUER ist er das metaphysische Wesen der Dinge überhaupt, welches sich in den Vorstellungen des Bewusstseins zu einem täuschenden Schein umgestaltet. Selbst psychologische Erörterungen, die sich dem Transcendenten so ferne wie möglich halten, sind der verführerischen Wirkung jener Gegenüberstellung nicht entgangen: man erklärt hier den Willen für ein an sich unbewusstes Vermögen, welches nur in den Gefühlen und Begehrungen sowie in den unter der Wirkung des Verstandes entstehenden Wahlhandlungen seinen Widerschein in das Bewusstsein werfe[2]). Hiergegen ist jedoch zu bemerken, dass allerdings nicht der abstracte Begriff Wille eine unmittelbare Thatsache des Bewusstseins ist, so wenig wie der Verstand, das Gedächtniss oder das Bewusstsein selbst, dass es aber völlig dunkel bleibt, wie wir zur Auffassung des Willens sollten gelangen können, wenn uns nicht fortwährend innere Willenshandlungen im Bewusstsein gegeben wären. Wenn man den Willen als ein Vermögen betrachtet, das nur in äußeren Willenshandlungen zur Erscheinung kommt, so muss es freilich räthselhaft erscheinen, wie das Bewusstsein dazu gelangen soll auf körperliche Organe zu wirken, von denen es ursprünglich nichts weiß, ja von denen wir uns deutliche Vorstellungen offenbar erst unter dem Einfluss der mit ihnen vorgenommenen willkürlichen Bewegungen bilden. Dass aber die Apperception eine bewusste Thätigkeit sei, kann nicht wohl bezweifelt werden. Was wir bei einer einfachen passiven Apperception in uns wahrnehmen, ist abgesehen von gewissen variableren Bestandtheilen, wie den Spannungsempfindungen, einerseits eine Vorstellung, anderseits ein Gefühl des Erleidens, das dann in ein Gefühl innerer Thätigkeit übergeht, mit dessen Anwachsen zugleich die Klarheit der Vorstellung zunimmt. Es liegt nicht der geringste Grund vor, außer diesen im Bewusstsein gegebenen Vorgängen noch andere, welche unbewusst bleiben, anzunehmen. Die active Apperception unterscheidet sich aber von jenem einfachen Vorgang nur theils durch die längere Dauer der activen Gefühls-

1) Vgl. oben S. 278 ff.

2) C. GÖRING, Ueber die menschliche Freiheit und Zurechnungsfähigkeit. Leipzig 1876, S. 91 ff.

phase theils durch das begleitende Bewusstsein einer Mehrheit disponibler Vorstellungen, und in vielen Fällen endlich (in den Zuständen der Erwartung, des Besinnens u. s. w.) in Thätigkeitsgefühlen, die der Apperception selber vorausgehen. Schon bei diesen inneren Willenshandlungen entstehen endlich elementare Triebformen in Folge des gegensätzlichen Verhaltens der Apperception gegenüber den stattfindenden Eindrücken, welches Verhalten wir bald als ein Streben nach Aufnahme der Eindrücke bald als ein Widerstreben gegen sie auffassen.

Somit ist der Wille eine Bewusstseinsthatsache und uns nur als solche bekannt: er ist von dem übrigen Inhalt des Bewusstseins so wenig losgelöst zu denken, wie die sonstigen subjectiven Zustände, die wir als Vorstufen oder Theilerscheinungen der Willensthätigkeit auffassen, die Gefühle und Affecte, jemals getrennt vorkommen von den Vorstellungen, auf die sie von uns bezogen werden. Und wie uns der Wille nur aus dem Bewusstsein bekannt sein kann, so ist anderseits ein Bewusstsein für uns gar nicht denkbar ohne innere Willensthätigkeit. Alle Verbindung der Vorstellungen ist abhängig von der Apperception. Selbst die Associationen können sich nur dadurch vollziehen, dass die Vorstellungen vermöge ihrer associativen Beziehungen die passive Apperception erregen. Ohne Verbindung der Vorstellungen ist aber ein Bewusstsein unmöglich[1]). Noch mehr sind die höheren Entwicklungsformen des Bewusstseins an die apperceptive Thätigkeit geknüpft. Das Selbstbewusstsein, wie es in der constanten Wirksamkeit der Apperception seine Wurzel hat, zieht sich schließlich auf diese allein zurück, so dass, nach vollendeter Bewusstseinsentwicklung, der Wille als der eigenste und in der Verbindung mit den mit ihm verbundenen Gefühlen und Strebungen als der einzige Inhalt des Selbstbewusstseins erscheint, von welchem die Vorstellungen als mehr äußerliche Bestandtheile sich absondern, die auf eine von der eigenen Persönlichkeit verschiedene Welt hinweisen[2]).

Diese Zurückziehung des Selbstbewusstseins auf die innere Willensthätigkeit darf nun freilich, wie wir sahen, nicht als eine reale Trennung aufgefasst werden, sondern das abstracte Selbstbewusstsein bewahrt sich stets den vollen sinnlichen Hintergrund des empirischen Selbstbewusstseins. Nichtsdestoweniger wird jenem intellectuellen Process seine Bedeutung für die Aufhellung der Beziehung zwischen Wille und Bewusstsein nicht abzusprechen sein. Die Regelmäßigkeit, mit der der Process sich vollzieht, sichert ihn vor dem Verdacht bloßer Selbsttäuschung. Auch wurzelt ja schließlich die für alle Erkenntniss grundlegende Unterscheidung des Ich

1) Vgl. Cap. XV, S. 256.
2) Ebend. S. 304.

und der Außenwelt in jener Trennung. So sehr sich daher Wille und Vorstellungsinhalt des Bewusstseins gegenseitig bedingen, so werden wir doch durch jenen Entwicklungsprocess genöthigt, beiden eine verschiedene Bedeutung anzuweisen. In dem Willen erfasst das Subject unmittelbar sein eigenes inneres Handeln; in dem Vorstellungsinhalt spiegelt sich eine von dem Subject verschiedene Wirklichkeit; die Beziehungen aber, die zwischen beiden stattfinden, äußern sich in den Gefühlen und Gemüthsbewegungen. Mit dieser Feststellung des Verhältnisses der einzelnen Bewusstseinsfactoren zu einander ist die Psychologie an der Grenze angelangt, die ihrer Analyse der Erscheinungen gezogen ist. Alle Vermuthungen über das innere Verhältniss des denkenden Subjectes zu seinen Gegenständen, die auf diese Analyse sich stützen möchten, muss sie der metaphysischen Speculation anheimgeben.

Wir haben uns bis dahin auf die Betrachtung der inneren Willenshandlungen beschränkt, die wir zugleich als die ursprünglicheren auffassen mussten. Es erhebt sich nun aber die Frage, wie aus dieser inneren eine äußere, wieder in mannigfaltigen Verwickelungen auftretende Willensthätigkeit entstehen kann. Gewöhnlich ist es diese äußere Wirksamkeit des Willens, die man als die ursprünglichere ansieht, indem man annimmt, der Wille unterwerfe zunächst gewisse körperliche Bewegungen seiner Herrschaft, um dann erst einen gelegentlichen Einfluss auf den Vorstellungsverlauf zu gewinnen. Von diesem Standpunkte aus sieht man sich zugleich genöthigt, die Entwicklung des Willens als einen Vorgang aufzufassen, der die Existenz körperlicher Bewegungen von mehr oder minder zweckmäßigem Charakter voraussetze. Indem unser Bewusstsein Vorstellungen dieser Bewegungen hervorbringe, soll eine verschiedene Werthschätzung der letzteren, eine Bevorzugung der einen vor den andern wegen ihrer vollendeteren Zweckmäßigkeit entstehen, und hierdurch soll es sich ereignen, dass die ursprünglich unwillkürlich vollzogenen Bewegungen allmählich durch die Impulse des Willens hervorgerufen werden, wobei dieser zunächst aus der ungeordneten Summe von Körperbewegungen einzelne isolire und seinen Zwecken dienstbar mache, dann vorher nicht verbundene Einzelbewegungen combinire und auf diese Weise zusammengesetzte Willkürbewegungen zu Stande bringe[1]).

Es ist ersichtlich, dass diese Schilderung nicht die Absicht haben kann, die Entstehung des Willens darzustellen. Wenn nicht der Wille schon vorhanden wäre, so vermöchte er es ja nicht, irgend eine aus den

1) LOTZE, Medicinische Psychologie, S. 289. A. BAIN, The emotions and the will, 3. edit., p. 303 ff.

zuvor unwillkürlichen Bewegungen auszuwählen. Das Wesen dieser Auffassung besteht also vielmehr darin, dass sie den Willen so lange latent sein lässt, bis sich eine Anzahl von Bewegungsvorstellungen im Bewusstsein angesammelt hat, welche geeignet sind seine Thätigkeit zu erwecken. Wie kommt dann aber der Wille zu der Entdeckung, dass gewisse Bewegungsvorstellungen seinem Befehl gehorchen? Wie ist dies denkbar, wenn er nicht von Anfang an einen Einfluss auf die Bewegungen des eigenen Körpers besitzt? Auch spricht die Beobachtung in keiner Weise für eine solche zufällig gemachte Erfahrung des Willenseinflusses auf die Muskeln. Niemand, der die Bewegungserscheinungen in der niederen Thierwelt kennt, wird zugeben, dass hier alle Körperbewegungen automatischer und reflectorischer Natur seien, oder dass auch nur diese unwillkürlichen Bewegungen bei der Entwicklung der Lebensäußerungen eines einzelnen Thierindividuums den Bewegungen von willkürlichem Charakter vorausgehen müssten. Gerade bei den niedersten Wesen, z. B. den Protozoen, Cölenteraten, Würmern, treten die Körperbewegungen von automatischem und reflectorischem Charakter durchaus zurück gegenüber solchen Handlungen, die auf eine vorangegangene Empfindung oder Vorstellung und einen daraus entstandenen Trieb hinweisen, und denen wir danach den Charakter einfacher Willenshandlungen beilegen müssen. Dagegen ist allerdings anzuerkennen, dass bei den höheren Organismen, z. B. beim Menschen, zwar ebenfalls von Anfang an Willensreactionen nicht fehlen, dass aber neben ihnen zugleich zahlreiche automatische und reflectorische Bewegungen vorkommen, für deren allmähliche Beherrschung durch den Willen dann zum Theil die Schilderung zutreffen mag, welche man von der Entwicklung des Willens überhaupt zu entwerfen pflegt. Doch ist zu beachten, dass auch hier jene Bewegungen sichtlich von Empfindungen und Gefühlen begleitet sind, und dass es daher zutreffender scheint, sie als unvollkommene und noch ungeregelte Trieb- und Ausdrucksbewegungen, statt als rein mechanische automatisch-reflectorische Bewegungen aufzufassen. Der Fehler jener Schilderung besteht also darin, dass sie einige, und noch dazu unvollständige, Wahrnehmungen über die Entwicklung der äußeren Willenshandlungen beim Menschen verallgemeinert. Hierdurch wird aber von der Entwicklung der Körperbewegungen nicht etwa bloß ein unvollständiges, sondern mit Rücksicht auf deren ursprüngliche Ausbildung geradezu ein umgekehrtes Bild entworfen. Die Willenshandlungen erscheinen hier als die letzte Stufe in der Entwicklung psychischer Lebensäußerungen, während sie an den Anfang derselben zu stellen sind.

Ein wesentlicher Theil der Schwierigkeiten, die zu jener Annahme einer Entwicklung des Willens aus den Vorstellungen geführt haben, ver-

schwindet sofort, wenn man die Apperception als die primitive Willensthätigkeit anerkennt. Von einer Zeit der Willenslatenz, in der sich erst die Vorstellungen, die eine Beherrschung der äußern Bewegung möglich machten, im Bewusstsein ansammeln müssten, kann dann an und für sich nicht mehr die Rede sein. Die innere Willensthätigkeit ist von Anfang an mit dem Bewusstsein gegeben, da es ein Bewusstsein ohne Apperception nicht gibt, und die äußere Handlung erscheint als eine Bethätigung des Willens, welche von der inneren Handlung der Apperception nur in ihren Folgen, nicht aber in ihrer unmittelbaren psychologischen Beschaffenheit verschieden ist. Als Phänomen des Bewusstseins betrachtet besteht nämlich die äußere Willenshandlung in der Apperception einer Bewegungsvorstellung. Die wirklich erfolgende Bewegung und die daraus entspringende weitere Wirkung auf Bewusstsein und Apperception ist erst ein secundärer Erfolg, welcher nicht mehr ausschließlich von unserm Willen abhängt: die Apperception der Bewegungsvorstellung oder der Willensentschluss kann erfolgen, ohne dass die Bewegung eintritt, sobald der Zusammenhang der physischen Werkzeuge, die bei der Bewegung zusammenwirken, in irgénd einer Weise gestört ist.

Man wird gegen eine solche Zurückführung auf die Apperception der Bewegungsvorstellung einwenden, diese decke sich nur mit einem Theil des wirklichen Willensentschlusses: damit der letztere zu Stande komme und nicht etwa bloß ein Phantasiebild der Bewegung im Bewusstsein aufsteige, müsse zu der Apperception noch ein weiteres Moment hinzutreten, in welchem eben erst das wahre Wesen des Willens bestehe. Aber dieser Einwand vergisst, dass nicht alle psychischen Aeußerungen, die in dem entwickelten Bewusstsein möglicherweise von einander getrennt werden können, auch ursprünglich von einander trennbar sind. Sicherlich sind wir leicht im Stande, uns irgend eine Handlung unseres Körpers vorzustellen, ohne dieselbe wirklich auszuführen. Aber dem aufmerksamen Beobachter wird ein mit der Intensität der Apperception wachsender Drang zur Bewegung selbst in diesem Fall nicht entgehen, und manchmal ist eine energische Willensanstrengung erforderlich, um jenen Drang niederzukämpfen. Diese Wahrnehmung zeigt, dass wir es bei einer solchen bloß inneren Apperception einer von uns selbst auszuführenden Handlung mit einem verwickelten Phänomen zu thun haben, das schon eine Wechselwirkung verschiedener Willensimpulse mit hemmendem Erfolg voraussetzt. Auf einem je ursprünglicheren Zustand wir das Bewusstsein antreffen, um so untrennbarer erscheinen die Apperception der Bewegungsvorstellung und die Ausführung der Bewegung. Noch das Kind und der Naturmensch, ebenso wie sie die wahrgenommene Handlung leicht zur Nachahmung fortreißt, sind nicht im Stande die lebhafte Vorstellung einer eigenen Be-

wegung zu vollziehen, ohne dass diese auch wirklich einträte. Wir haben also allen Grund anzunehmen, dass hier innere Apperception und äußere Handlung nicht ursprünglich geschiedene Vorgänge sind, sondern dass umgekehrt ihre Trennung auf der späteren Entwicklung des Bewusstseins beruht, welche Wettstreitsphänomene zwischen den Willensimpulsen und damit Willenshemmungen möglich macht.

Sehen wir so einerseits in dem ursprünglichen Zustand des Bewusstseins die äußere Willenshandlung untrennbar gebunden an die Apperception ihrer Vorstellung, anderseits, sofern keine hemmenden Einflüsse wirksam werden, fortan beide Vorgänge nicht als ein successives sondern als ein simultanes Geschehen ablaufen, so werden wir dadurch nothwendig zu der Annahme gedrängt, dass die äußere Willenshandlung ihrem ursprünglichen Wesen nach nichts anderes ist als eine specielle Form der Apperception, indem sie einen untrennbaren Bestandtheil jener Apperceptionen bildet, die sich auf den eigenen Körper des handelnden Wesens beziehen.

Hierin liegt keineswegs die Meinung, dass ein thierisches Wesen eine angeborene Kenntniss seines Leibes und der Bewegungen desselben besitze. Vielmehr ist das schon bei den angeborenen Trieben festgestellte Verhältniss[1]) auch auf diesen Fall anzuwenden, der eigentlich selbst die primitive Erscheinungsform aller angeborenen Triebhandlungen darstellt. Angeboren ist nur die in der Organisation begründete Eigenschaft, auf gewisse äußere Eindrücke Bewegungen von bestimmter Form auszuführen; die Vorstellung dieser Bewegungen entsteht aber in Folge ihres wirklichen Vollzuges. Demnach haben wir uns die erste Entstehung einer Willenshandlung so zu denken, dass ein äußerer Eindruck und mit ihm gleichzeitig die von ihm ausgelöste Bewegung appercipirt wurde. Wir bezeichnen aber eine solche Bewegung, obgleich sie nach ihrer physischen Seite durchaus den mechanischen Bedingungen des Reflexes entspricht, doch schon als eine einfache Triebbewegung, weil der Eindruck im Bewusstsein von einer mehr oder weniger gefühlsstarken Empfindung begleitet wird, welcher letzteren dann auch die ausgeführte Bewegung entspricht, insofern dieselbe entweder ein Streben nach dem einwirkenden Reize oder ein Zurückziehen von demselben herbeiführt. Indem nun eine solche Bewegung bei ihrer Ausführung sofort appercipirt wird, entsteht unmittelbar jene combinirte Wahrnehmung innerer und äußerer Thätigkeit, welche der Apperception eigener Bewegungen in charakteristischer Weise anhaftet. Zugleich ist aber, wie schon früher bemerkt wurde, diese Apperception der Be-

1) Vgl. oben S. 510.

wegung in einer doppelten Form möglich: als reproductive erweckt sie die bloße Vorstellung einer eigenen Bewegung, als impulsive erweckt sie vollkommen gleichzeitig mit dieser Vorstellung die wirkliche Bewegung[1]). Beide Formen verhalten sich demnach ebenso zu einander wie das Erinnerungsbild zum unmittelbaren Sinneseindruck. Die reproductive Apperception enthält die sämmtlichen Elemente der impulsiven, aber sie enthält unter ihnen namentlich die Bewegungsempfindungen in weit geringerer Intensität. Hieraus erklärt es sich, dass wir zwar im allgemeinen die bloß vorgestellte von der wirklich ausgeführten eigenen Bewegung leicht unterscheiden, dass aber doch, namentlich bei schwachen Bewegungen, gelegentlich Täuschungen vorkommen, indem wir entweder eine bloß vorgestellte für eine wirkliche Bewegung halten oder umgekehrt eine wirkliche Bewegung nicht erkennen[2]).

Ueberall nun, wo der Willensentschluss das Ergebniss eines Streites zwischen verschiedenen Motiven ist, geht eine reproductive der impulsiven Apperception voraus, und beide sind auch subjectiv deutlich als successive psychische Acte wahrzunehmen. Je geringer jene Hemmungen sind, um so kürzer wird die zwischen beiden Apperceptionen verfließende Zeit, bis endlich, wenn die Handlung völlig ungehemmt einem bestimmten äußeren Reize nachfolgt, die zwei Acte in einen zusammenfließen, der nun ausschließlich den Charakter einer impulsiven Apperception an sich trägt. Ebenso ist aber die letztere von vornherein überall da die Grundlage äußerer Willensbewegungen, wo es überhaupt zu jener Entwicklung innerer Hemmungen, die stets zugleich eine größere Verwicklung der Vorgänge voraussetzen, noch nicht gekommen ist. So sind die Willenshandlungen niederer Thiere sowie die einfachsten, ohne vorangegangenen Kampf der Motive entstehenden menschlichen Willensacte innerlich betrachtet lediglich impulsive Apperceptionen. Demnach hat die isolirte Entstehung der letzteren zwei Ausgangspunkte. Einerseits bilden sie die primären Anfänge aller Willensentwicklung. Wie überall Erinnerungsbilder erst möglich sind auf Grund vorangegangener unmittelbarer Sinnesvorstellungen, so können auch reproductive Bewegungsapperceptionen erst dadurch entstehen, dass es primäre, d. h. unmittelbar impulsive Apperceptionen unserer eigenen Bewegungen gibt, welche, nachdem sie ein- oder mehrmals eingetreten sind, dem Gedächtniss zur Verfügung stehen. Anderseits aber können die so entstandenen Verbindungen reproductiver und impulsiver Apperceptionen durch die auch hier wirksam werdende Verkürzung und Zusammenziehung psychischer Acte selbst wieder in bloß impulsive Apper-

1) Siehe oben Cap. XVI, S. 307, 371.
2) Vgl. Cap. XIII, S. 156 f.

ceptionen übergehen. Gehören die einfachsten, in der physischen Organisation unmittelbar vorgebildeten Willenshandlungen der ersten Art an, so umfasst die zweite alle ursprünglich verwickelteren Willensbewegungen, welche sich vermöge jenes Verdichtungsprocesses in relativ einfachere Willensacte umgewandelt haben.

Von den oben erwähnten beiden Hypothesen über die Entstehung des Willens betrachtet nun die erste, welche wir die heterogenetische Theorie nennen können, diejenigen Handlungen, welche aus der vollständigen Succession eines zusammengehörigen reproductiven und impulsiven Apperceptionsactes hervorgehen, als die typischen und ursprünglichen; alle bloß impulsiven Erregungen sind nach ihr durch die allmählich eingetretene Verschmelzung jener beiden Acte entstanden. Indem sie dann außerdem in der rein innerlichen Handlung der Reproduction keinerlei Willenselemente anerkennt, sondern höchstens in begleitenden Gefühlen den Willen vorgebildet sieht, erklärt sie eben den letzteren heterogenetisch, d. h. aus Elementen, die ihm selbst disparat sind. Die zweite Ansicht dagegen betrachtet die impulsive Apperception als die primäre: die Reproduction der Bewegungsvorstellung ist nach ihr überall erst auf Grund vorangegangener impulsiver Apperceptionen möglich, und zwar entsteht sie dann, wenn durch den inneren Wiederstreit verschiedener Impulse die actuelle Bewegung gehemmt wird. Die auf diese Weise latent gewordenen Willensantriebe äußern sich aber als Gefühle und Strebungen. Demnach besitzt diese Ansicht den Charakter einer autogenetischen: der Wille ist nach ihr eine ursprüngliche Energie des Bewusstseins, die psychischen Elemente, aus denen ihn die vorige Hypothese erst entstehen lässt, sind selbst theils Begleit- theils Folgeerscheinungen desselben.

Abgesehen von den oben erwähnten Erfahrungen ist es demnach die nothwendige Abhängigkeit reproducirter von primären Vorstellungen, auf welche sich die autogenetische Willenstheorie stützt: die impulsive Bewegungsapperception hat aber in diesem Fall die Bedeutung einer primären Vorstellung. Für ihre Ursprünglichkeit tritt überdies die Thatsache bestätigend ein, dass fortan für das naive Bewusstsein die Vorstellung eigener Bewegungen ohne wirkliche Ausführung derselben schwierig, wenn nicht unmöglich ist, und dass man sich, wo dieselbe gelingt, im allgemeinen deutlich einer hemmenden Innervation bewusst wird. Diesen Erfahrungen steht nur eine Schwierigkeit gegenüber, welche in der That wohl das Hauptmotiv für die Ausbildung der heterogenetischen Ansicht gewesen ist. Sie besteht darin, dass es auf den ersten Blick unbegreiflich erscheint, wie der Wille die Herrschaft über die eigenen Bewegungsorgane gewinnen kann, wenn nicht durch allmähliche Erfahrung und Einübung. Auch findet ja ein solcher Vorgang der Einübung bis zu einem

gewissen Grade wirklich statt, wie dies ebensowohl das Automatischwerden zusammengesetzter Bewegungen wie die vorhin erwähnte Verdichtung und Verkürzung der Apperceptionsacte beweist. Aber jene Schwierigkeit schwindet, sobald man die falschen Voraussetzungen beseitigt, welche die gewöhnliche Willenstheorie in Bezug auf die Vorstellungselemente der Willenshandlungen macht. Selbst bei jenen zusammengesetzten Willkürhandlungen, aus welchen diese Theorie ausschließlich den Begriff des Willens abstrahirt hat, pflegt sich die vorangehende Vorstellung auf den Effect der auszuführenden Bewegung zu beschränken, womit dann unmittelbar die an die wirkliche Bewegung geknüpften Bewegungsempfindungen associirt werden; ein Bild der Bewegung selbst ist aber höchstens in schattenhaften Umrissen im Bewusstsein vorhanden. Nur dann drängt sich dieses deutlich in den Vordergrund, wenn etwa eine vorausgehende Erwägung über verschiedene zum selben Effect dienliche Bewegungen in Frage kommt, oder wenn die Bewegung ungewohnt und schwierig ist, so dass sie eine vorherige Einübung ihrer einzelnen Acte erfordert. Gerade dies aber sind Bedingungen, welche bei den primitiven Willenshandlungen fehlen. Denn bei ihnen ist stets nur ein einziger Reiz im Bewusstsein vorhanden, und bei der Ausführung der Bewegung kommen allein diejenigen mechanischen Hülfsmittel ins Spiel, die in der Organisation des Nervensystems ursprünglich vorgebildet sind.

Hiernach werden wir für die primitiven äußeren Willensacte allerdings die nämliche automatische Zuordnung bestimmter motorischer Innervationen zu bestimmten Sinnesreizen anzunehmen haben, welche auch bei den Reflexbewegungen wirksam ist. Aber jene einfachen Willens- oder Triebbewegungen unterscheiden sich von den eigentlichen Reflexen doch wesentlich durch zwei Merkmale, durch die sie eben zu psycho-physischen Acten gestempelt werden: erstens geht der Willensbewegung stets eine bestimmte durch den äußeren Reiz erregte Sinnesvorstellung mit daran gebundenem Gefühl voraus; und zweitens ist die Ausführung der Bewegung von den Empfindungen und Gefühlen begleitet, welche die impulsive Apperception zusammensetzen. Dem Reflex gehört also hier nur die auf der Verbindung der centralen Leitungsbahnen beruhende automatische Zuordnung an; innerlich betrachtet ist aber der ganze Vorgang ein bewusster Willensact, der freilich unmittelbar und mit mechanischer Sicherheit über die äußeren Hülfsmittel, deren er bedarf, verfügt. Die so in der psycho-physischen Organisation der Thiere vorgebildeten einfachen Willensacte lassen dann erst in Folge der Entwicklung des Bewusstseins zusammengesetztere Willenshandlungen aus sich entstehen, und diese können ihrerseits wieder vermöge der erwähnten Verdichtungs- und Einübungsprocesse in einfache triebartige Willensacte von verwickelter Form

übergehen. Durch jede solche Einübung bilden sich aber neue centrale Verbindungen aus, die, sobald sie sich zureichend befestigt haben, nicht auf das Individuum beschränkt bleiben werden, sondern, indem sie sich forterben, nunmehr künftigen Generationen als psycho-physische Anlagen zu eigenthümlichen Triebhandlungen zur Verfügung stehen. Auf diese Weise erklärt sich ebensowohl die ungeheure Vielgestaltigkeit thierischer Triebformen wie der innige Zusammenhang derselben mit der gesammten inneren und äußeren Organisation.

Man wird vielleicht einwenden, der Handlung, deren Entstehung hier geschildert wurde, fehle zum Willen das wesentliche Erforderniss, dass sie frei sei von jenem mechanischen Zwang, welcher nur das Gebiet der unwillkürlichen Bewegungen beherrsche. Wir müssen solchen Einwänden gegenüber abermals hinweisen auf den Unterschied des Willens von der Willkür oder Wahl. Es wird nicht behauptet, dass jenen entwickelten Willenshandlungen, die wir speciell als willkürliche Bewegungen bezeichnen, der reflectorische Charakter einfacher Triebäußerungen zukomme: wohl aber meinen wir, dass, wer nicht den Willen als einen Deus ex machina ansieht, der plötzlich, ohne dass über seine Herkunft Rechenschaft zu geben erlaubt wäre, durch einen ihm innewohnenden räthselhaften Instinct die Maschine des eigenen Leibes zu beherrschen vermag, auf eine derartige Entwicklung der complicirteren Willenshandlungen aus einfacheren psychischen Acten geführt werden muss. Dass diese Acte gleichzeitig den Charakter von Reflexen und Triebbewegungen an sich tragen, begründet ja an und für sich keinen Widerspruch. Denn es ist sicherlich nicht widersprechend anzunehmen, dass willkürliche Bewegungen, Triebbewegungen und Reflexe gemeinsam sich aus einer Form der Bewegung entwickeln, welche in gewissem Sinn die Merkmale der Willenshandlung und des Reflexes gleichzeitig an sich trägt. Vielmehr ist es gerade diese Annahme, die mit der Beobachtung der Entwicklung der Bewegungen im Thierreich übereinstimmt.

Es befindet sich dieselbe aber außerdem im Einklang mit jener Entwicklung, welche, wie wir im vorigen Abschnitte sahen, die innere Willensthätigkeit, die Apperception, zurücklegt, von der ja, wie wir gezeigt haben, die äußere nur eine specielle Form ist. Die passive geht voran der activen Apperception: jene ist gegeben, wenn ein einzelner Eindruck so überwiegt, dass sich die Aufmerksamkeit ihm zuwenden muss, die active Apperception aber entsteht, sobald mehrere Eindrücke mit einander in Wettstreit gerathen. Primitive Willenshandlungen sind passive Apperceptionen: der Wille wird bei ihnen eindeutig bestimmt durch herrschende Eindrücke. Es ist geradezu selbstverständlich, dass eine

solche eindeutige Lenkung des Willens der vieldeutigen Wirkung, die wir bei den entwickelteren Willenshandlungen wahrnehmen, vorangehen muss.

Für die weitere Entwicklung der Willensthätigkeiten aus den ursprünglichen Triebbewegungen hat uns nun ebenfalls die früher verfolgte Entwicklung der Triebe bereits den Weg vorgezeichnet. Nachdem wiederholt die Triebbewegung in reflectorischer Weise der Einwirkung eines äußeren Reizes gefolgt ist, verknüpft sich die Vorstellung ihres äußeren Erfolges mit der die Bewegung einleitenden Empfindung zu einer untrennbaren Complication, und indem sie in dieser Verbindung bald dominirende Bedeutung gewinnt, erscheint sie dem Bewusstsein als die treibende Ursache der Handlung. Noch kann dabei die letztere eindeutig bestimmt sein, so dass von einer Wahl zwischen verschiedenen Bewegungen nicht die Rede ist. Eine solche entsteht erst in Folge jener zunehmenden Vielheit der Willensantriebe, die in dem reiferen Bewusstsein gegen einander wirken, und die entweder, wenn sie mit einander im Gleichgewicht stehen, jede äußere Action aufheben, oder, wenn *ein* Impuls eine überwiegende Stärke gewinnt, schließlich in seinem Sinne den Willen lenken. Hier verbindet sich dann mit der äußeren Handlung die Vorstellung, dass statt des entscheidenden Impulses möglicherweise ein anderer den Willen hätte bestimmen können: in dieser Vorstellung besteht das *Freiheitsbewusstsein*, welches mit einem entsprechenden Gefühl verbunden und in der Regel nur in dieser Form des *Freiheitsgefühls* deutlich wahrnehmbar ist.

Die psychologischen Theorien über den Ursprung des Willens bewegen sich zwischen der Annahme einer selbständigen, von dem Vorstellen und Erkennen völlig unabhängigen Bedeutung desselben und seiner Ableitung aus Verhältnissen der Vorstellungen oder aus einem Erkenntnissprocess. Die erstere Annahme liegt der Wolff'schen Vermögenstheorie mit ihrer Haupteintheilung in Erkenntniss- und Begehrungsvermögen zu Grunde[1]). Auch hier gab aber diese Theorie über die wechselseitigen Beziehungen der von ihr unterschiedenen psychischen Kräfte nur sehr dürftige Rechenschaft, und die Abstufung in ein höheres und niederes Begehren, wobei dann dem ersteren die Gefühle und Triebe, dem letzteren der eigentliche Wille zugerechnet wurden, kann schwerlich als Ersatz für eine wirkliche Entwicklungsgeschichte des Willens gelten. In noch höherem Grade entzog Kant den Willen einer genetischen Betrachtungsweise, da er das Gefühlsvermögen und den sinnlichen Trieb völlig von ihm schied, ihn dagegen nach der theoretischen Seite in nahe Beziehung zur Vernunft brachte, welcher er darum unter allen Erkenntnisskräften eine vorzugsweise praktische Bedeutung zuschrieb. Durch diese Anschauungen im Verein mit ethischen und religiösen Motiven wurde Kant veranlasst, den Willen als ein intelligibles Vermögen von der Gesammtheit der übrigen einer innern und äußern Causalität unterworfenen

1) Siehe I, S. 15 f.

psychischen Vorgänge zu scheiden[1]). Entzieht schon diese KANT'sche Lehre die Frage nach dem Ursprung des Willens durchaus der psychologischen Untersuchung, so gilt dies in noch höherem Grade von den mystischen und hylozoistischen Anschauungen SCHOPENHAUER's und ED. VON HARTMANN's, in denen der Begriff des Willens seine psychologische Bedeutung völlig verloren und dafür die eines transcendenten Hintergrundes der Erscheinungswelt angenommen hat[2]).

Völlig entgegengesetzt diesen Bestrebungen sind die Versuche, den Willen aus dem Vorstellen und Erkennen abzuleiten. Als metaphysisches Dogma ist diese Lehre von SPINOZA verkündet worden, welcher alles Begehren und Wollen auf ein bald klares bald verworrenes Denken zurückführt; auch LEIBNIZ in seiner Auffassung des Verhältnisses von Vorstellen und Streben steht einer solchen Anschauung nahe. In der neueren Zeit hat auf der einen Seite HERBART's Mechanik der Vorstellungen, auf der anderen die Associationspsychologie den Versuch gemacht, eine psychologische Entstehung des Willens aus der Wechselwirkung der Vorstellungen abzuleiten. HERBART's Entwicklung fällt hier mit seiner oben besprochenen Theorie des Begehrens zusammen[3]); übrigens widmet er in dem praktischen Theil seiner Philosophie dem Willen eine von dieser psychologischen Behandlung völlig unabhängige Untersuchung, in der die Willensbestimmungen als die elementaren Thatsachen der Ethik auftreten[4]). Auf Grund der Anschauungen der Associationspsychologie hat BAIN[5]) die ausführlichste und eingehendste Untersuchung der Willensentwicklung geliefert. Er geht von der Voraussetzung aus, dass, bevor Empfindungen entstehen, automatische und reflectorische Bewegungen des Körpers vorhanden seien. Dieser soll sich dann der Wille unter dem Einfluss der Empfindungen und Vorstellungen bemächtigen. Eine wesentliche Bedingung für die Entstehung des Willenseinflusses auf ein Organ sei hierbei, dass die Bewegungen desselben aus der Summe zahlreicher sie begleitender Mitbewegungen isolirt werden könnten. Erst nachdem der Wille so eine Reihe einzelner Bewegungen unter seine Herrschaft gebracht, erzeuge er dann durch Combination derselben zusammengesetztere Bewegungen. Abgesehen von den oben geltend gemachten Haupteinwänden gegen diese Theorie, entsprechen auch manche einzelne Züge derselben nicht der Beobachtung. Insbesondere sind die meisten Willenshandlungen von Anfang an zusammengesetzter Art, und die von BAIN geschilderte Bildung combinirter Bewegungen aus einer Anzahl isolirter Willensacte gilt daher nur für eine beschränkte Zahl erlernter Handlungen. In der Schilderung der letzteren sowie der Entstehung der Gewohnheitshandlungen finden sich übrigens bei BAIN viele vortreffliche Beobachtungen[6]).

---

1) Kritik der praktischen Vernunft. Ausg. von ROSENKRANZ, S. 36 f.

2) SCHOPENHAUER, Die Welt als Wille und Vorstellung. Zweites und viertes Buch. Werke, II. ED. VON HARTMANN, Philosophie des Unbewussten. 5. Aufl., S. 456 ff.

3) HERBART, Psychologie als Wissenschaft, II. Werke, VI, S. 78 ff. Vgl. oben S. 483 f.

4) HERBART, Allgemeine praktische Philosophie. Werke, VIII, S. 8 ff.

5) The emotions and the will, p. 303 ff.

6) Vgl. zu dem obigen meine Essays, S. 286 ff., und Phil. Stud., I, S. 337 ff., Ergänzungen hierzu ebend. VI, S. 373 ff., sowie O. KÜLPE, Phil. Stud., V, S. 179, 381 ff.

2. Causalität des Willens.

Wir empfinden in uns die Anstöße des Willens bald leiser bald lebhafter. Deutlicher fassen wir das die Apperception begleitende Thätigkeitsgefühl namentlich dann auf, wenn wir unsere spontanen Denkacte von den Anregungen unterscheiden, welche die Einwirkung der äußern Sinneseindrücke und die innere Association der Vorstellungen dem Verlauf unserer Vorstellungen und Bewegungen darbieten. Vor allem aber werden wir uns der Willensthätigkeit dann klar bewusst werden, wenn wir uns zugleich die Möglichkeit einer Wahl vorstellen. Diese psychologische Beziehung hat jene Verwechselung der beiden Begriffe zu Stande gebracht, auf welcher durchaus die gewöhnliche Auffassung des Willens beruht. Nach ihr ist jeder Willensact ein Wahlact, und dieser Wahlact soll darin bestehen, dass wir in jedem Augenblick unter den verschiedenen Handlungen, die sich als möglich darbieten, jede beliebige ausführen können. So erscheint hier der Wille zugleich als Ursache und als Wirkung, als das Ich, das bestimmend ist und bestimmt wird. Dies führt auf jenen Begriff des freien Willens, wie Aristoteles und Kant ihn gefasst haben: jeder Willensact wird zum absoluten Anfang eines Geschehens.

Das psychologische Motiv, welches dieser gewöhnlichen Auffassung der Willensfreiheit zu Grunde liegt, ist lediglich die Thatsache der Wahl. In den Fällen, wo uns die Wirkung des Willens auf Vorstellen und Handeln besonders deutlich zum Bewusstsein kommt, denken wir uns entweder die Möglichkeit, wir hätten statt der wirklich appercipirten Vorstellung oder Handlung eine andere bevorzugen können, oder wir sind uns sogar eines gewissen Schwankens bewusst, das der wirklichen Handlung vorausging. Diese Selbstbeobachtungen beweisen nun aber nicht im mindesten, dass der Wille nur sich selbst bestimme oder absoluter Anfang eines Geschehens sei, also keine weitere psychologische Ursache habe. Sogar das Schwanken vor dem Eintritt der Willensentscheidung zeigt nur, dass in vielen Fällen der Wille unter der gleichzeitigen Wirkung mehrerer psychologischer Ursachen steht, die denselben nach verschiedenen Richtungen zu ziehen streben. Wenn nicht solche Ursachen auf den Willen einwirkten, so könnte ja ein Schwanken überhaupt nicht stattfinden. Und wenn der Wille schließlich einer Ursache nachgibt, so beweist dies eben, dass diese eine Ursache die stärkste Wirkung ausgeübt hat.

Der Indeterminismus leugnet nun zwar nicht, dass der Wille Motiven folge, und er gesteht so in gewissem Umfang psychologische Bedingungen für denselben zu. Aber das Motiv unterscheide sich, so behauptet er, von

jener zwingenden Ursache, wie sie im Naturmechanismus herrschend ist, gerade dadurch, dass sie den Willen **nicht** determinire. Die Motive sollen den Willen mehr oder weniger anziehen, sie sollen ihm die Wahl erschweren oder erleichtern; aber was dem einen oder andern Motiv zum Sieg verhelfe, das sei schließlich doch nur der Wille selbst, und so bethätige sich die Freiheit desselben in der Wahl zwischen den verschiedenen Motiven, die auf ihn wirken. Aber hier begeht man den Fehler, dass man dem Begriff der psychologischen Verursachung ohne weiteres den des Motivs substituirt, eine Vertauschung, die wenigstens nach der gewöhnlichen Auffassung dieses letzteren Begriffs nicht zulässig ist. Unter Motiven pflegt man nämlich alle in einem gegebenen Fall in unserm Bewusstsein bereitliegenden **äußeren** Bestimmungsgründe einer Handlung zu verstehen. Wenn z. B. ein Mensch schwankt, ob er irgend eine zwar gewinnbringende, aber nicht ganz ehrenvolle Handlung begehen soll, so werden einerseits die in Aussicht stehenden Vortheile, die Annehmlichkeiten, die er sich dadurch verschaffen kann, anderseits die möglichen nachtheiligen Folgen, der Verlust an Ehre und Ansehen als äußere Motive wirken, zwischen denen die Entscheidung schwankt. Es ist nun vollkommen richtig, dass alle diese Motive zusammengenommen nicht die Handlung bestimmen. Denn es ist dabei nicht in Rechnung gezogen das ganze Gewicht der durch Erziehung, Lebensschicksale und angeborene Eigenschaften ausgeprägten Persönlichkeit des Wollenden, die wir als seinen **Charakter** bezeichnen. Was den menschlichen Willen vor den äußern Motiven determinirt, ist der Charakter. Je unveränderlicher derselbe ist, und je vollständiger wir ihn kennen, um so sicherer machen wir uns anheischig vorauszusagen, wie ein Mensch, wenn bestimmte Motive des Handelns an ihn herantreten, unter denselben wählen wird. Der Charakter aber birgt eine Summe psychologischer Ursachen in sich, über die zwar weder wir noch der Handelnde selbst vollständige Rechenschaft geben können, deren Totalwirkung wir jedoch immerhin abschätzen, wenn wir die muthmaßliche Handlungsweise eines Menschen aus seinem Charakter voraussagen. Der Indeterminismus, welcher die Causalität des Willens leugnet, begeht also den Fehler, die für den objectiven Beobachter vorhandene **Möglichkeit**, dass von verschiedenen Handlungen irgend eine geschehe, mit der **Wirklichkeit** des Willens selbst zu verwechseln.

Diese Ansicht würde, wenn sie richtig wäre, jede Gesetzmäßigkeit in den willkürlichen Handlungen eines Vereins menschlicher Individuen ausschließen. Die Thatsache, welche die Moralstatistik erweist, dass bei einem gegebenen Zustande einer Bevölkerung die jährliche Zahl von Heirathen, Selbstmorden, Verbrechen u. s. w. constant bleibt, ist daher mit

dem Indeterminismus in seiner gewöhnlichen Gestalt unvereinbar[1]). Es wäre freilich ebenso verkehrt, wenn man aus dieser Thatsache folgern wollte, jeder einzelne Mensch sei zu den Handlungen, die er begeht, durch ein Schicksal, dem er nicht entrinnen kann, gezwungen. Der Fatalismus, der dieser Anschauung huldigt, steht im Widerspruch mit der Existenz des Freiheitsgefühls, an der als einer unmittelbaren Thatsache des Bewusstseins nicht gezweifelt werden kann. Aus den Erfahrungen der Moralstatistik ergiebt sich nur die naheliegende Folgerung, dass in einem bestimmten Zustand einer größeren Gesellschaft von Menschen sowohl die äußeren Motive wie die inneren Bestimmungsgründe des Charakters durchschnittlich in constanter Größe fortwirken. Der einzelne Mensch ist darum ebenso wenig einem Zwang unterworfen, wie in einer Bevölkerung, deren durchschnittliches Lebensalter 30 Jahre beträgt, jeder Dreißigjährige zum Sterben genöthigt ist. Im einzelnen Fall können die innern Bestimmungsgründe des Handelns von dem äußern Zuschauer sowohl wie von dem Handelnden selbst nie vollständig erfasst werden, denn sie verlieren sich in der Totalität der Ursachen des Geschehens.

Für die psychologische Unterscheidung der willkürlichen von den unwillkürlichen Handlungen liegt nach allem diesem der entscheidende Punkt nicht darin, dass die letzteren aus einem ursächlichen Zusammenhange folgen, dessen die ersteren entbehrten. Vielmehr erscheint nur die Art der Causalität hier und dort als eine verschiedene. Diese Verschiedenheit führt aber wieder auf die zwei nahe mit einander zusammenhängenden Bedingungen zurück, dass erstens die directen Ursachen des Willens innere sind, die sich nur in der unmittelbaren Selbstauffassung, niemals oder doch nur theilweise in der äußern Beobachtung zu erkennen geben, und dass zweitens diese innern Ursachen einen integrirenden Bestandtheil der allgemeinen geistigen Causalität bilden, für welche das Princip der quantitativen Aequivalenz von Ursache und Wirkung, welches die Naturcausalität beherrscht, keinen Sinn besitzt.

Die Willenserregung fällt zusammen mit der Thätigkeit der Apperception; die Apperception wird aber durch psychologische Ursachen bestimmt, deren wir freilich immer nur einen kleinen Theil zu überschauen vermögen. Theils äußere Eindrücke, theils Erinnerungsbilder mit daran gebundenen Gefühlen, die durch Association im Bewusstsein wachgerufen sind, lenken unsere Aufmerksamkeit hierhin und dorthin und verursachen so den Verlauf der Vorstellungen und den Wechsel der willkürlichen

---

1) Vgl. Wappaeus, Allgemeine Bevölkerungsstatistik, II, Leipzig 1861, S. 215 ff. Adolph Wagner, Die Gesetzmäßigkeit der scheinbar willkürlichen menschlichen Handlungen vom Standpunkte der Statistik. Hamburg 1864. Drobisch, Die moralische Statistik und die menschliche Willensfreiheit. Leipzig 1867.

Bewegungen. Indem diese letzteren nicht unmittelbar durch äußere Reize, sondern im allgemeinen erst durch die innere Reizung, welche die Erinnerungsbilder ausüben, geweckt werden, entsteht die charakteristische Eigenschaft der spontanen Bewegung, dass sie häufig ohne eine directe äußere Ursache entsteht, aus Motiven, die bloß der Selbstauffassung des handelnden Wesens zugänglich sind. Darum ist für den außerhalb stehenden Beobachter die spontane Bewegung hinwiederum das einzige Merkmal, aus welchem er auf das Vorhandensein sowohl von Willen wie von Bewusstsein zurückschließen kann.

Bedeutsamer als diese erste ist aber die zweite Eigenschaft psychologischer Causalität, wonach das Gesetz der Gleichheit von Ursache und Wirkung auf geistigem Gebiete überall inhaltslos wird. Nirgends lässt sich hier der Effect einer Reihe von Ursachen auf eine bloße Transformation dieser quantitativ unverändert bleibenden Ursachen selber zurückführen, sondern die Wirkung erscheint als ein neues Erzeugniss, welches zwar bestimmte Ursachen als unerlässliche Bedingungen fordert, niemals aber zu diesen Bedingungen in ein Verhältniss quantitativer Gleichheit gebracht werden kann. So besitzt schon die räumliche Wahrnehmung im Vergleich mit den sie bedingenden Localzeichen und Bewegungsempfindungen den Charakter eines schöpferischen Erzeugnisses[1], und auf den höheren Stufen des geistigen Lebens wiederholt sich dieser Grundzug geistiger Causalität in immer ausgeprägterer Weise. Die Willenshandlungen bilden den Endpunkt dieser Entwicklung, daher auch bei ihnen jenes Princip schöpferischer Energie am deutlichsten zu Tage tritt. Wer das geistige Leben eines Einzelnen oder einer Gesammtheit nach der Analogie eines aufgezogenen Uhrwerks beurtheilt, der muss in der That sein Auge geflissentlich dem wirklichen Sachverhalte verschließen. Das geistige Leben im ganzen setzt sich aber doch nur aus jenen einzelnen geistigen Acten zusammen, für die daher keine andere Gesetzmäßigkeit gelten kann, als sie auch für das Ganze gilt.

Zwei Einwände pflegen gegen diese Betrachtungsweise gemacht zu werden, Einwände, bei denen man freilich die Thatsachen geflissentlich ignorirt, um sich auf das Feld allgemeiner metaphysischer Voraussetzungen zurückzuziehen. Der eine Einwand beruft sich auf den Inhalt des Causalgesetzes, welches angeblich eben jene Identität von Ursache und Wirkung, die wir für das geistige Geschehen leugnen, nothwendig in sich schließen soll. Der andere zieht sich auf das Princip des allgemeinen Parallelismus des Psychischen und Physischen zurück, welches fordere, dass auch die causalen Beziehungen in beiden Gebieten einander entsprechen müssen.

[1] Vgl. oben Cap. XI S. 45 f.

Aber der erste dieser Einwände ist hinfällig, weil er in den Causalbegriff eine Bestimmung hineinlegt, die demselben an und für sich fremd ist. Causalität ist niemals Identität. Sie ist es nicht einmal auf dem Gebiet des Naturgeschehens. Das für das letztere allgemein bewährte Princip der quantitativen Aequivalenz hat sein Correlat in dem Princip der Constanz der Materie, einem Princip, das selbstverständlich nur so weit der Causalerklärung zu Grunde gelegt werden kann, als die Hülfshypothese der Materie überhaupt ihre Dienste leistet.

Anders steht es mit dem Princip des psycho-physischen Parallelismus. Die Darstellung der vorangegangenen Capitel hat gezeigt, dass die Gültigkeit desselben in der That überall theils direct nachweisbar ist, theils wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden darf. Auch die Willensthätigkeit hat schon in ihren inneren Formen des Denkens und der Aufmerksamkeit physische Grundlagen, und die äußeren Willenshandlungen vollends gewinnen ihre wesentliche Bedeutung dadurch, dass sie gleichzeitig psychische und physische Ereignisse sind. Der psychologische Grund dieser Wechselbeziehungen liegt aber darin, dass unser ganzes geistiges Leben eine sinnliche Basis hat: wir können nicht denken außer in sinnlichen Vorstellungen, nicht wollen ohne bestimmte Nervenwirkungen, welche sensorische oder motorische Innervationen herbeiführen. Alle diese sinnlichen Begleiterscheinungen der geistigen Vorgänge sind darum auch zweifellos dem Princip der materiellen Aequivalenz unterthan. In der That bestätigt dies die Beobachtung, indem sie zeigt, dass unser Denken an den durch die Entwicklung der Sinneswerkzeuge gebotenen Vorrath von Vorstellungen, unser Wollen an den in unserm Nervensystem bereit liegenden Vorrath von Innervationsenergie gebunden bleibt. Weiter als auf diese äußere Seite des geistigen Lebens erstreckt sich aber das Princip der Aequivalenz nirgends. Alle jene inneren Beziehungen der psychischen Elemente, auf denen einzig und allein ihr Werth für unser geistiges Leben beruht, sind auch nur der inneren, psychischen Causalität unterworfen, für die sich in allem Denken und Wollen und in allen daraus hervorgehenden geistigen Entwicklungen vielmehr ein zu jenem Aequivalenzprincip in vollem Gegensatze stehendes Gesetz des Wachsthums geistiger Energie bewährt. Der entscheidende Gesichtspunkt ist hier der, dass die physischen und die psychischen Größen, die auf jeder Seite in einen in sich geschlossenen Causalzusammenhang eingehen, Größen nicht nur verschiedener, sondern unvergleichbarer Art sind, daher auch, ohne dass dem Princip des Parallelismus Abbruch geschieht, verschiedene Maßbeziehungen für sie stattfinden. Die physischen Größen sind physische Energien und muthmaßlich in letzter Instanz mechanische Bewegungsenergien; die psychischen Größen dagegen sind geistige Werthe, die wir nach bestimmten

qualitativen Merkmalen ihrem Grade nach vergleichen. Beide Reihen treffen schließlich nur bei dem Punkte zusammen, wo die physische und damit immer auch die psychische Energie null wird: ohne irgend einen Aufwand körperlicher gibt es auch keine geistige Leistung. Von da an sind aber bei einem und demselben physischen sehr verschiedene geistige Energiewerthe möglich, und die Frage, nach welchen Maßbeziehungen sich diese letzteren bei irgend einer psychischen Entwicklung verändern, lässt sich natürlich nur beantworten, wenn man sie nach dem ihnen zukommenden Maßstabe unter einander vergleicht, nicht wenn man sie an irgend welchen physischen Energiegrößen misst, an denen sie nach ihrer psychischen Bedeutung überhaupt nicht gemessen werden können.

In der Auffassung des Willens zieht sich der Kampf zwischen Determinismus und Indeterminismus fast durch die ganze Geschichte der Philosophie. Beide Ansichten stützen sich einerseits auf speculative, anderseits auf empirisch-psychologische Gründe. Den Alten, die dem Zufälligen auch in der Natur eine Stelle einräumten, galt im allgemeinen die Freiheit des Willens als eine durch die Selbstbeobachtung beglaubigte und mit metaphysichen Principien nicht im Widerstreit liegende Thatsache[1]). Lag auch schon bei der Atomistik der Determinismus in der Consequenz des Systems, so scheint doch erst die Stoische Philosophenschule einen Widerspruch zwischen dem Freiheitsbewusstsein und dem Grundsatz der allgemeinen Naturordnung empfunden zu haben. Dem Gegensatz der neueren Systeme ging der analoge Streit auf theologischem Gebiete voran, wo der Begriff der göttlichen Allmacht den Determinismus, und die Vorstellung von der Sünde als der aus dem Willen zum Bösen hervorgegangenen Handlung den Indeterminismus begünstigte; beide Vorstellungen haben dann aber in der Lehre von der Erbsünde, freilich nur für die Welt nach dem Sündenfall, ihre entschieden deterministische Versöhnung gefunden[2]). In der Philosophie vertheidigte Descartes die unbedingte Autonomie des Willens, während die consequenten Weltanschauungen, wie sie Spinoza und in neuerer Zeit Fichte und Schelling entwickelten, dieselbe als widersprechend zurückweisen. Ebenso ist bei Hegel[3]) der freie Wille nur der vernünftige Wille oder der Geist im Momente seiner Selbstbestimmung. Den psychologischen Determinismus hat Locke[4]) begründet. Ihm folgt die ganze Schule der englischen Empiristen[5]), in Deutschland die Herbart'sche Psychologie[6]), welche auch hierin in Gegensatz tritt zu der älteren Wolff'schen Psychologie, die in dieser Frage von Leibniz' speculativem Determinismus sich trennt[7]). Eine eigenthümliche

1) Aristoteles de anima, III, 10, Eth. Nic. III, 5 (7).
2) Vgl. J. H. Scholten, Der freie Wille. Deutsche Ausgabe von C. Manchot. Berlin 1874, S. 2 ff., S. 12 ff.
3) Encyklopädie, Th. III, § 481 f. Werke, VII, 2. S. 378.
4) Essays concerning human understanding. Book II, chap. 21, § 11 f.
5) Vgl. John Stuart Mill, System der Logik. Deutsche Ausgabe von Schiel. 2. Aufl. 6. Buch, Cap. 2, S. 439 ff. A. Bain, The emotions and the will. Sec. edit., p. 493 f.
6) Herbart, Psychologie als Wissenschaft, § 105, 150. Werke, VI, S. 95, [illegible] Vgl. ferner IX, S. 243 f.
7) Wolff, Psychologia empirica, § 926—946. Leibniz, Opera philos. ed. Erdmann p. 517.

für die Gesammtrichtung der deutschen Speculation charakteristische Mittelstellung nimmt KANT ein. Seine Naturphilosophie neigt zu einer Anerkennung der Allgemeingültigkeit des Causalprincips, der sich selbstverständlich auch die willkürliche Handlung nicht entziehen kann. In der Psychologie ist er Indeterminist. So kommt er zu jener eigenthümlichen Auffassung, nach der im Willen die übersinnliche Natur des Menschen die Welt der Erscheinungen durchbrechen und hierdurch zugleich die Begriffe Gott und Unsterblichkeit, die theoretisch nicht demonstirt werden können, als nothwendige Postulate erweisen soll[1]. Aber wenn auch die praktischen Principien des Handelns von der theoretischen Weltauffassung nicht nothwendig beeinflusst sind, wie denn in der That der wahre Determinismus die praktischen Consequenzen der Willensfreiheit acceptirt, so können doch unmöglich, wie bei KANT, beide mit einander in Widerstreit treten. Der Begriff Gottes, welcher nach KANT aus der menschlichen Willensfreiheit folgen soll, ist vielmehr aus der Nöthigung des menschlichen Geistes entstanden, eine Ordnung der sittlichen Welt vorauszusetzen, welche den Zufall und die unbedingte Selbstbestimmung des Willens ausschließt, wie dies die religiös-dogmatische Auffassung gerade solcher Zeiten, in denen das religiöse Gefühl am lebendigsten war, deutlich empfunden hat.

In dem Streit zwischen Indeterminismus und Determinismus ist meistens von beiden Seiten empirischen Beweisgründen ein allzu hoher Werth beigelegt worden. Der Indeterminismus pocht auf die unmittelbare innere Erfahrung des Freiheitsbewusstseins. Dass hierin ein Beweis für die metaphysische Freiheit des Willens nicht liegen kann, ist schon von HERBART einleuchtend dargethan worden[2]. In Wahrheit besteht ja übrigens auch jenes Freiheitsbewusstsein nur in der Vorstellung, dass für den Willen statt des gegebenen ein anderer Impuls hätte entscheidend werden können, eine Vorstellung, die man mit ebenso vielem Rechte für die Determination benutzen könnte. Anderseits hat man von Seiten des Determinismus die statistischen Thatsachen manchmal geradezu in einem *fatalistischen* Sinne verwerthet[3]. Was diese Thatsachen in Wirklichkeit beweisen, ist, wie DROBISCH[4] mit Recht bemerkt, lediglich eine *psychologische* Determination des Willens. Aber man muss sogar weiterhin zugeben, wie dies selbst von QUETELET späterhin geschehen ist, dass ein zwingender Beweis für die *ausschließliche* Determination nicht einmal in den statistischen Daten gegeben ist. Widerlegt wird durch sie nur jener vulgäre Indeterminismus, welchem Freiheit und Causalitätslosigkeit identische Begriffe sind. Es bleibt aber immer noch die Annahme möglich, dass neben einer gewissen Anzahl regelmäßig wirkender Ursachen, welche uns psychologisch in Gestalt der Motive gegeben sind, ein causalitätsloser Wille als begleitender Factor wirke. Man könnte sich vorstellen, dass die Impulse dieses Willens, ähnlich wie in

1) KANT, Kritik der prakt. Vernunft. Werke, VIII, S. 156, 225, 261 ff. Fortschritte der Metaphysik seit LEIBNIZ und WOLFF, I, S. 529 ff.

2) HERBART, Zur Lehre von der Freiheit des menschlichen Willens. Werke, IX, S. 243 ff.

3) QUETELET, Sur la statistique morale etc., p. 6. Mém. de l'Acad. roy. de Belgique, XXI, 1848. BUCKLE, Geschichte der Civilisation in England. Deutsch von A. RUGE. Leipzig u. Heidelberg 1860, S. 25. Eine historische Uebersicht des ganzen hauptsächlich durch QUETELET angeregten Streites gibt A. VON OETTINGEN, Die Moralstatistik. Erlangen 1868, S. 118 ff.

4) Die moralische Statistik und die menschliche Willensfreiheit, S. 103 ff.

einer großen Zahl von Beobachtungen die Beobachtungsfehler sich ausgleichen, so auch in den statistischen Zahlen verschwinden, da sie in den einzelnen Fällen nach entgegengesetzten Richtungen wirken. Es bleibt dabei freilich der logische Widerspruch, dass man den Willen gewissermaßen in zwei fundamental verschiedene Willensformen trennt, von denen die eine determinirt ist, die andere nicht. Immerhin ist zuzugeben, dass ein völlig bindender Erfahrungsbeweis auch für die Determination des Willens nicht existirt, sondern dass dieselbe, ebenso wie die Allgemeingültigkeit des Causalgesetzes, schließlich ein metaphysisches Postulat ist, durch welches sich die Antinomie des sittlichen und des religiösen Gefühls, aus welchem der Streit ursprünglich hervorging, in dem Sinne entscheidet, dass das für den Indeterminismus eintretende sittliche Gefühl auf das Gebiet der psychischen Causalität des Charakters verwiesen wird, während für das dem Determinismus zuneigende religiöse Gefühl die metaphysische Abhängigkeit des Willens gewahrt bleibt, deren Grenzen nicht überschritten werden dürfen, wenn nicht der bald aus religiösen Motiven bald aus falsch verstandenen naturphilosophischen Grundsätzen entspringende Fatalismus entstehen soll[1]).

Einundzwanzigstes Capitel.

Einfluss des Willens auf die Körperbewegungen.

Der innere Zustand eines lebenden Wesens gibt sich dem außerhalb stehenden Beobachter einzig und allein in den Bewegungen zu erkennen. Nur die Selbstbeobachtung vermag neben dieser äußeren Folgeerscheinung gleichzeitig ihre inneren Ursachen aufzufassen. Doch gilt auch dies nur für einen Theil der eigenen Bewegungen. Viele derselben geschehen ohne Bewusstsein. Die meisten sind uns wenigstens in Bezug auf ihren Verlauf unbekannt; wir sind uns nur im allgemeinen des Zieles bewusst, welchem die Bewegung zustrebt. Alle aus der centralen Innervation der äußeren Körpermuskeln hervorgehenden Bewegungen lassen daher in zwei Classen sich trennen: 1) in solche, bei deren Entstehung ausschließlich physische Bedingungen nachweisbar sind, wir bezeichnen sie theils als automatische, theils als reflectorische Bewegungen, und 2) in solche, bei denen neben den physischen Bedingungen zugleich bestimmte Bewusstseinszustände

1) Vgl. hierzu die Ausführungen in meiner Ethik, 2. Aufl. S. 462 ff.

als psychische Ursachen der äußeren Bewegung von uns wahrgenommen werden oder bei der objectiven Beobachtung nach den begleitenden Umständen vorauszusetzen sind; diese psycho-physisch verursachten Bewegungen zerfallen wieder in die Triebbewegungen und die willkürlichen Bewegungen. Schon in der subjectiven Wahrnehmung ist die Scheidung zwischen den mit und ohne Betheiligung des Bewusstseins vollführten Bewegungen wegen der so verschiedenen Intensität der Empfindungen nicht immer mit Sicherheit auszuführen; noch schwieriger wird die Trennung auf Grund objectiver Beobachtungen, wo nicht bloß der Charakter der Bewegungen selbst sondern auch das ganze Verhalten der Wesen vor und nach der Ausführung derselben bei der Beurtheilung zu berücksichtigen ist. Theils diese Schwierigkeiten theils der Umstand, dass Bewegungen, die von psychischen Vorgängen begleitet sind, gleichwohl nach ihrer physischen Seite den Charakter von automatischen oder reflectorischen Bewegungen besitzen können, haben es veranlasst, dass in der Unterscheidung der Begriffe eine gewisse Unsicherheit eingerissen ist, wobei besonders der Begriff des Reflexes eine außerordentlich vieldeutige, die Klarheit manchmal beeinträchtigende Bedeutung angenommen hat[1]). Im folgenden sollen daher, im Einklang mit der ursprünglichen Bedeutung der Begriffe, unter den automatischen und reflectorischen Bewegungen nur solche verstanden werden, die ausschließlich als mechanische Erfolge der Verbindungen der Nervenelemente und der Einwirkung physischer Reize auf dieselben entstehen, ohne dass begleitende Empfindungen und Gefühle nachweisbar sind.

1. Automatische und reflectorische Bewegungen.

Im weiteren Sinne nennen wir alle Bewegungen automatisch, die als mechanische Erfolge bestimmter Nervenerregungen ohne Betheiligung psychischer Begleiterscheinungen auftreten. In dieser allgemeineren Bedeutung umfasst die automatische Bewegung ebensowohl die Reflexbewegungen wie die dem Reflex verwandten automatischen Coordinationen[2]). Im engeren Sinne beschränken wir aber jenen Begriff, dem früher[3]) aufgestellten Begriff der automatischen Erregung gemäß, auf die ohne Bewusstsein sich vollziehenden äußern Bewegungen, welche unmittelbar von innern Reizungen der motorischen Centralgebiete ausgehen. Wir haben

1) Vgl. hierzu meine kritischen Bemerkungen in der Vierteljahrsschrift f. wiss. Philosophie, II, S. 354 ff.
2) Vgl. Cap. XVI, S. 382 ff.
3) Vgl. I, S. 187.

gesehen, dass die Innervation solcher Bewegungen vorzugsweise in den niedrigeren Nervencentren, dem Rückenmark und verlängerten Mark, ausgelöst wird; auch die motorischen Theile der Hirnganglien nehmen möglicherweise noch an ihnen Theil, während keine sichere Erfahrung dafür spricht, dass die Großhirnrinde der Herd automatisch-motorischer Erregungen sei. Jedenfalls der größte Theil jener Bewegungen, die Athembewegungen, die Herzbewegungen, die Gefäßerregung, liegt außerhalb des Kreises unserer Betrachtung, da er, während des ganzen Lebens ausschließlich im Dienste der Ernährungsfunctionen verwendet, zu der Entwicklung der Willenshandlungen in keiner directen Beziehung steht. Häufig hat man aber dem Gebiet der automatischen Bewegungen noch andere Erscheinungen zugerechnet. Bei neugeborenen Thieren und Menschen beobachtet man eine Menge regelloser Körperbewegungen, welche weder mit Bestimmtheit als Reflexe noch als Willenshandlungen zu deuten sind. Auch im späteren Leben verschwinden solche zwecklose Bewegungen, die ohne sichtbaren äußeren Reiz entstehen, nicht ganz, und sie scheinen besonders in gewissen Krankheitszuständen des Kindesalters enorm gesteigert zu sein[1]). Von manchen Psychologen[2]) ist daher den automatischen Körperbewegungen eine hohe Wichtigkeit für die Entwicklung des Bewusstseins und insbesondere der willkürlichen Bewegungen zugeschrieben worden. Aber wahrscheinlich sind alle die soeben erwähnten Bewegungen ungeregelte Triebhandlungen, die, mit Empfindungen und Gefühlen verbunden, nicht zu den automatischen Bewegungen in dem oben definirten Sinne gerechnet werden können. Hierfür spricht namentlich, dass diese Bewegungen nicht nur, wo sie vorkommen, früher zu verschwinden pflegen, sondern dass sie in vielen Fällen ganz fehlen, da bei weitaus den meisten, selbst höheren Thieren, namentlich aber durchgängig in der niederen Thierwelt, die Körperbewegungen von Anfang an die Merkmale entschiedener Willenshandlungen an sich tragen.

Die reflectorischen Bewegungen unterscheiden sich von den automatischen durch die Bedingung, dass bei ihnen die centrale motorische Erregung durch die in einem centripetal leitenden Nerven zugeführte peripherische Sinnesreizung ausgelöst wird. Auch die Reflexbewegung besitzt nicht immer den Charakter der Zweckmäßigkeit. Den Rückenmarksreflexen, die bei Thieren nach der Entfernung des Gehirns, beim Menschen zuweilen im Schlafe beobachtet werden, kann derselbe vollständig fehlen. Der einwirkende Reiz hat eine auf den gereizten Körpertheil beschränkte

1) Die von den Pathologen als Chorea, kleiner Veitstanz, Muskelunruhe bezeichneten Zustände gehören hierher.

2) So besonders von Bain, The senses and the intellect. 2. edit., p. 333 ff.

oder weiter verbreitete Zuckung zur Folge, welche auf kein bestimmtes Ziel gerichtet ist. Die schwächsten und die stärksten Reflexe pflegen vorzugsweise diesen zwecklosen Charakter an sich zu tragen. So reagirt z. B. ein enthauptetes Thier auf Berührung in der Regel durch eine beschränkte, meist erfolglose Zuckung. Bei sehr gesteigerter Reizbarkeit des Rückenmarks aber, z. B. nach Strychninvergiftung, verfällt es nach jedem Reiz in allgemeine Krämpfe. Auch in den Gesetzen der Reflexleitung[1]) kommen offenbar nur die mechanischen Bedingungen der Fortpflanzung des Reizes zum Ausdruck.

Anders gestalten sich die Erscheinungen meistens bei Reflexbewegungen von mittlerer Stärke. Ein enthaupteter Frosch bewegt das Bein gegen die Pincette, mit der man ihn reizt, oder er wischt den Tropfen Säure, den man auf seine Haut bringt, mit dem Fuße ab. Einer mechanischen oder elektrischen Reizung sucht er sich zuweilen durch einen Sprung zu entziehen. In eine ungewöhnliche Lage gebracht, z. B. auf den Rücken gelegt, kehrt er wohl auch in seine vorherige Körperlage zurück. Hier führt also der Reiz nicht bloß im allgemeinen eine Bewegung herbei, die sich mit zunehmender Reizstärke und wachsender Reizbarkeit von dem gereizten Körpertheil ausbreitet, sondern die Bewegung ist angepasst dem äußeren Eindruck. In einem Fall ist sie auf Beseitigung des Reizes, in einem zweiten auf Entfernung des Körpers aus dem Bereich des Reizes, in einem dritten auf Wiederherstellung der vorigen Körperlage gerichtet. Noch deutlicher tritt diese zweckmäßige Anpassung in solchen Versuchen hervor, in denen man die gewöhnlichen Bedingungen der Bewegung irgendwie abändert. Ein Frosch z. B., dem auf der Seite, auf welcher er mit Säure gereizt wird, das Bein abgeschnitten wurde, macht zuerst einige fruchtlose Versuche mit dem amputirten Stumpf, wählt dann aber ziemlich regelmäßig das andere Bein, welches beim unverstümmelten Thier in Ruhe zu bleiben pflegt[2]). Befestigt man den geköpften Frosch auf dem Rücken und benetzt die innere Seite des einen Schenkels mit Säure, so sucht er die letztere zu entfernen, indem er die beiden Schenkel an einander reibt; zieht man nun aber den bewegten Schenkel weit vom andern ab, so streckt er diesen nach einigen vergeblichen Bewegungen plötzlich herüber und erreicht ziemlich sicher den Punkt, welcher gereizt wurde[3]). Zerbricht man endlich geköpften Fröschen die Oberschenkel und ätzt man, während sie sich in der Bauchlage befinden, die Kreuzgegend, so treffen sie trotz dieses störenden Eingriffs mit den Füßen der zerbrochenen Gliedmaßen die geätzte Stelle[4]).

1) Vgl. I, S. 104.
2) PFLÜGER, Die sensorischen Functionen des Rückenmarks, S. 125.
3) AUERBACH in GÜNSBURG's Zeitschr. f. klin. Med., IV, S. 487.
4) GOLTZ, Die Functionen der Nervencentren des Frosches, S. 116.

Diese Beobachtungen, die noch mannigfach variirt werden können, zeigen, dass das seines Gehirns beraubte Thier seine Bewegungen den veränderten Bedingungen in einer Weise anpassen kann, die, wenn Bewusstsein und Wille dabei im Spiele sein sollten, offenbar eine vollständige Kenntniss der Lage des ganzen Körpers und seiner einzelnen Theile voraussetzen würde. Das Thier, welches die Abwehrbewegung ausführt, müsste genau die gereizte Stelle erkennen und den Umfang der ausgeführten Bewegung ermessen; der Frosch, dessen Bein man gewaltsam abducirt hat, müsste von der Lage desselben eine richtige Vorstellung besitzen. Eine so umfangreiche Kenntniss seiner eigenen Körperzustände können wir nun dem enthaupteten Thier aus zwei Gründen nicht zuschreiben. Erstens besitzt der Mensch, selbst wenn er sich bei klarstem Bewusstsein befindet und vollständig Herr seines Willens ist, dieselbe nicht in der hier vorausgesetzten Weise. Wenn wir irgendwo einen Schmerz empfinden und nun mit Absicht die schmerzende Stelle berühren, so ist keineswegs erforderlich, dass wir uns zuvor ein genaues Bild derselben gemacht haben. Der willkürliche Gebrauch unserer Bewegungsorgane und die bewusste Reaction auf äußere Reize würden ausnehmend erschwert sein, wenn wir in jedem einzelnen Fall von dem Maße der auszuführenden Bewegungen und von dem Ort der Empfindung eine klare Vorstellung haben müssten. Eine dunkle Vorstellung reicht aber, wenn man den ganzen Vorgang psychologisch erklären will, nicht aus, denn sie würde die genaue Anpassung der willkürlichen Bewegung an den äußeren Eindruck nicht erklären. Also bleibt nur übrig anzunehmen, dass der Wille einen sicher arbeitenden Mechanismus benutzt, dem er nur den ersten Impuls zu geben braucht, um eine genaue Befolgung seiner Befehle mit Berücksichtigung aller obwaltenden Umstände erwarten zu dürfen. Der erste und Hauptgrund, weshalb jene zweckmäßigen und den äußeren Bedingungen angepassten Reflexe enthaupteter Thiere nicht Ausflüsse eines Bewusstseins sein können, ist also der, dass bei den bewussten Handlungen selbst gerade jene genaue Anpassung an die äußeren Bedingungen nur aus vorgebildeten Einrichtungen des physiologischen Mechanismus erklärt werden kann. Von dieser Seite fällt daher jedes Motiv weg, jenen Reflexen irgend einen Grad von Bewusstsein oder überhaupt von psychischer Thätigkeit im gewöhnlichen Sinne unterzuschieben. Wie der Wille nur ein innerer Reiz ist, der, nachdem er den ersten Anstoß zur Bewegung gegeben, den weiteren Ablauf derselben der Selbstregulirung des physiologischen Mechanismus überlässt, so wird, wenn dieser durch irgend einen äußeren Reiz ausgelöst wird, natürlich eine ähnliche Anpassung an die äußeren Umstände stattfinden ohne dass eine bewusste Empfindung des Reizes hierzu erforderlich wäre.

Zweitens fehlt dann aber auch, wie schon in Cap. XV (S. 259) ber-

vorgehoben wurde, in dem Verhalten des enthaupteten Thieres das wesentlichste Kennzeichen, welches uns auf das Vorhandensein von Bewusstsein könnte schließen lassen: nämlich irgend ein Merkmal, aus dem ein Fortwirken vorausgegangener Erregungen hervorginge. Nur in einer Beziehung könnten die Bewegungen auf die Ausbildung eines gewissen niederen Grades von Bewusstsein bezogen werden. Man sieht nämlich, dass sich dieselben bei häufiger Einwirkung des nämlichen Reizes allmählich vervollkommnen. Der amputirte Frosch, nachdem er einmal das Bein der andern Seite zur Entfernung der ätzenden Substanz gebraucht hat, macht in künftigen Fällen leichter die nämliche Bewegung wieder. Eine gewisse Einübung kann also hier augenscheinlich stattfinden. Es ist freilich nicht nothwendig, dass eine solche auf Erinnerung beruht. Dass öfter ausgeführte Bewegungen bei neuen Anlässen mit immer größerer Sicherheit geschehen, liegt ja in den mechanischen Bedingungen des Nervensystems begründet. Anderseits lässt sich aber allerdings nicht unbedingt bestreiten, dass dabei eine dunkle Erinnerung nebenher gehen mag. Wir haben daher auch schon früher [1]) die Möglichkeit offen gelassen, in einem solchen Rest eines Nervensystems dürfte ein niederer Grad von Bewusstsein sich ausbilden. Sicher ist übrigens nach der Beobachtung, dass ein derartiges Bewusstsein, falls es existirt, höchstens durch kurze Zeiträume getrennte Empfindungen mit einander verbindet, und dass in ihm keine spontane Reproduction früherer Eindrücke stattfindet, welche zu Bewegungen führen würde, die ohne directe Anregung durch äußere Reize entstehen können. Diesen Mangel an jedem Bewusstsein, das eine Mehrheit zeitlich getrennter Empfindungen verbindet, bezeugt nun auch das ganze Verhalten der enthaupteten Thiere. Lässt man bei den Versuchen, bei denen der Ausführung einer bestimmten Bewegung absichtlich Hindernisse entgegengestellt sind, eine längere Zeit zwischen der Einwirkung der Reize verfließen, so sieht man immer wieder die nämlichen fruchtlosen Anstrengungen der endlich gelingenden richtigen Bewegung vorangehen, und in vielen Fällen kommt diese gar nicht zu Stande. Hier ist also auch der mechanisch erleichternde Einfluss der Uebung schon wieder verloren gegangen [2]).

---

1) Cap. XV, S. 258.

2) Schlagend ist in dieser Beziehung auch der folgende von GOLTZ ausgeführte Versuch. Ein enthaupteter und ein geblendeter Frosch werden in ein Gefäß gesetzt, dessen Boden mit Wasser bedeckt ist, und das man dann allmählich von außen erhitzt. Ist die Temperatur auf 25° C. gestiegen, so wird der behirnte Frosch unruhig, er beginnt schneller zu athmen und sucht zuletzt durch verzweifelte Sprünge dem heißen Bad zu entrinnen, bis er, bei etwa 42°, unter heftigen Schmerzäußerungen und tetanischen Krämpfen verendet. Indessen bleibt der enthauptete Frosch regungslos sitzen, bis endlich die Wärmestarre der Muskeln und der Tod eintritt. Wirft man einen zweiten Frosch, dessen Gehirn entfernt worden ist, plötzlich in das erhitzte Wasser, so verfällt er alsbald in heftige Krämpfe und stirbt so ähnlich dem unverstümmelten

Verwickeltere Bewegungen erfolgen auf die Einwirkung äußerer Reize, wenn die Grosshirnlappen entfernt, aber die Hirnganglien, namentlich die Vier- und Sehhügel, ganz oder theilweise erhalten geblieben sind. Wir haben die physiologische Bedeutung dieser Gebilde, wie sie sich theils aus dem Verhalten der Leitungsbahnen in denselben, theils aus den Erscheinungen nach ihrer Durchschneidung oder Ausrottung ergeben, im ersten Abschnitte schon besprochen[1]. Dort sind wir zu dem Ergebnisse gelangt, dass die Vier- und Sehhügel complicirte Reflexcentren darstellen, indem in den ersteren die auf das Auge, in den letzteren die auf das Tastorgan wirkenden Eindrücke zusammengesetzte Bewegungen auslösen. Hier haben wir uns nur noch mit der Frage zu beschäftigen, ob und inwiefern die physiologische Function aller dieser Gebilde nebenbei etwa mit Empfindung und mit einem gewissen Grade von Bewusstsein verbunden sein möchte.

Wollte man bloß den Maßstab der Zweckmäßigkeit und der Anpassung an die Beschaffenheit der Reize an die von jenen Centraltheilen ausgehenden Bewegungen anlegen, so würde man natürlich in ihnen einen viel deutlicheren Ausdruck psychischer Functionen erkennen müssen als in den Rückenmarksreflexen. Ein Frosch, der seine Vierhügel noch besitzt, weicht, wenn er durch einen Reiz zu Fluchtbewegungen angeregt wurde, einem in den Weg gestellten Hinderniss aus. Wird die Unterlage, auf welcher das Thier sitzt, langsam gedreht, so verändert es dabei fortwährend die Lage seines Körpers in solcher Weise, dass das Gleichgewicht erhalten bleibt. Setzt man es z. B. auf die flache Hand und führt langsam eine Pronationsbewegung aus, so klettert es während derselben über die Kante der Hand hinweg und befindet sich nach Vollendung der Bewegung auf dem Handrücken[2]. Bringt man denselben Frosch in eine mit Wasser gefüllte Flasche, deren offener Hals in ein weites Wasserbecken getaucht wird, so veranlasst ihn nach einiger Zeit das eintretende Athembedürfniss, unruhig an den Wänden der Flasche umherzusuchen, bis er schließlich den Ausgang gewinnt[3]. Selbst Kaninchen, deren Hirnlappen sammt den

Thiere. (Goltz, Königsberger med. Jahrb., II, S. 248. Functionen der Nervencentren des Frosches, S. 127.) Dieser Versuch zeigt sehr deutlich, wie der Mechanismus des Rückenmarks gemäß dem allgemeinen Gesetz der Nervenerregung nur auf solche Reize reagirt, die mit einer gewissen Geschwindigkeit einwirken, während ein allmählich anwachsender Reiz völlig wirkungslos bleibt. Bei dem hirnlosen Thier kommt nur dieses Gesetz der Nervenerregung zur Erscheinung. Nichts deutet darauf hin, dass es ihm ein Bewusstsein die allmähliche Steigerung des Reizes wahrzunehmen, d. h. die momentane Empfindung in ihrem Verhältniss zu den vorangegangenen Empfindungen aufzufassen vermöge.

1) Cap. V, I, S. 195 ff.

2) Goltz a. a. O. S. 72.

3) Ebend. S. 70.

Streifenhügeln sorgfältig abgetragen wurden, fliehen, wenn man sie reizt, bis irgend ein im Wege stehendes Hinderniss sie aufhält[1]). Alle diese Erscheinungen zeigen, dass die in den genannten Hirntheilen anlangenden Erregungen nicht, wie im allgemeinen die Rückenmarksreflexe, nach der Ausführung einer einzigen zweckmäßigen und dem Eindruck mehr oder weniger angepassten Bewegung ohne weitere Nachwirkung erlöschen. Vielmehr findet in der Regel eine ganze Reihenfolge zweckmäßiger Bewegungen statt, die schon aus diesem Grunde der Beschaffenheit des Eindrucks vollständiger angepasst sein müssen. Aber in allem dem liegt noch kein Grund, diese Bewegungen als etwas von den Rückenmarksreflexen wesentlich verschiedenes aufzufassen. Es findet sich hier überall nur ein Gradunterschied, der wohl begreiflich wird, wenn wir erwägen, dass einem jeden jener complicirten Reflexcentren des Gehirns eine bestimmte Aufgabe in dem ganzen Zusammenhang der Leistungen des centralen Mechanismus zugefallen ist. Es ist zwar richtig, die Selbstregulirungen, die hierbei vorausgesetzt werden müssen, um die Anpassung an die Art der Eindrücke zu erklären, sind unendlich viel verwickelter, als sie bei irgend einer der uns bekannten Maschinen, die von Menschenhand gebaut sind, vorkommen. Aber welcher Mechaniker möchte sich anheischig machen, auch nur eine Maschine zu construiren, welche die mannigfach veränderlichen Reflexe eines enthaupteten Frosches getreu nachahmte? Wir vermögen eben hier überall nur aus den allgemeinen Eigenschaften der centralen Nervensubstanz die merkwürdige Vereinigung von mechanischer Sicherheit und anpassungsfähiger Veränderlichkeit der Bewegungen zu begreifen. Unsere rohen Kunsterzeugnisse werden niemals die Wirksamkeit jener Gebilde, die das vollendetste Product organischer Entwicklung sind, auch nur entfernt nachzuahmen im Stande sein. Der entscheidende Punkt bleibt hier immer die Frage: berechtigen uns irgend welche Erscheinungen anzunehmen, dass bestimmte Bewegungen nicht mehr die unmittelbaren mechanischen Erfolge vorangegangener Reize sind, und gibt es Anzeichen, welche auf eine Reproduction früher vorangegangener Eindrücke hindeuten? In dieser Beziehung verhalten sich nun zweifellos solche noch ihre Vier- und Sehhügel besitzende Thiere gar nicht anders als völlig enthauptete. Sie bleiben zwar in der Regel aufrecht sitzen oder stehen; aber die Muskelspannungen, welche zu dieser Haltung führen, lassen sich als die reflectorischen Erfolge der fortwährend auf die Haut stattfindenden Eindrücke ansehen. Dagegen ist keine Spur einer Bewegung wahrzunehmen, die nicht unmittelbar auf eine äußere Reizung zurückzuführen wäre. Eine Taube, deren Hirnlappen man entfernt hat,

1) Siehe I, S. 196.

ein Frosch, dem das Großhirn von den Zweihügeln getrennt wurde, bleiben unverrückt Tage lang auf demselben Fleck. Nur wenn ein kleiner Theil der Hirnlappen erhalten blieb, ist nicht alle spontane Bewegung erloschen, und in solchem Fall kann sich diese sogar, vermöge der weitgehenden Vertretungen der Function, deren die einzelnen Theile der Hirnrinde fähig sind, fast vollständig wiederherstellen. Niemals aber ist bei gänzlichem Mangel des Hirnmantels und der ihn bedeckenden Rinde eine Lebensäußerung beobachtet worden, welche deutlich als eine willkürliche, nicht unmittelbar durch äußere Reize erweckte Bewegung zu deuten wäre[1]). Hieraus dürfen wir offenbar schließen, dass bei einem solchen Thier eine Reproduction früher stattgehabter Empfindungen nicht mehr möglich ist; denn diese müsste nothwendig dann und wann auch zu entsprechenden Bewegungen führen. Damit ist aber ein zusammenhängendes Bewusstsein, welches die stattfindenden Eindrücke auf frühere Empfindungen zurückbezieht, an und für sich ausgeschlossen. Immerhin kann ebenso wie beim Rückenmark, die Möglichkeit nicht zurückgewiesen werden, dass ein niederster Grad von Bewusstsein existiren mag, der eine Aufbewahrung der Eindrücke während einer sehr kurzen Zeit gestattet. Nur muss man festhalten, dass ein solcher auch hier zur Erklärung der Bewegungen gar nichts beiträgt. In der directen Verursachung durch einen äußeren Reiz tragen diese stets den Charakter wahrer Reflexe an sich, und sie sind vor allem viel zu verwickelt, als dass sie aus einem Bewusstsein von fast momentaner Dauer auch nur annähernd erklärt werden könnten. Wenn daher auch die Möglichkeit zugegeben werden muss, dass bei diesen complicirten Reflexen ein begleitender Bewusstseinszustand einfachster Art nicht fehlt, so ist doch ein entscheidender Beweis für die Existenz eines solchen nicht zu liefern; anderseits aber steht fest, dass die Beschaffenheit der Bewegung nur aus der Wirksamkeit eines unter verwickelten psychischen Einflüssen ausgebildeten Mechanismus erklärt werden kann, bei welchem durch die außerordentliche Vollkommenheit der stattfindenden Selbstregulirungen eine zweckmäßige Anpassung der Bewegung an den äußeren Eindruck erzielt ist.

Noch häufiger als die automatischen sind die reflectorischen Bewegungen als die Grundlagen aller Willenshandlungen angesehen worden. »Misstrauisch gegen den Erfindungsgeist der Seele« habe die Natur dem Körper diese Bewegungen als sichere mechanische Erfolge der Reize mitgegeben, damit dann der Wille sich ihrer bemächtige und mit ihrer Hülfe

1) Vögel, deren Hirnlappen entfernt wurden, bewegen allerdings dann und wann den Schnabel oder putzen sich die Federn. Es ist aber kaum zu zweifeln, dass solche Bewegungen in jenen Hautreizen ihren Grund haben, die auch bei dem unverstümmelten Thiere die gleichen Bewegungen herbeiführen.

seine Herrschaft über den Körper gewinne[1]). Es muss zugegeben werden, dass diese Schilderung einigermaßen der Bedeutung der Reflexapparate höherer Organismen für die Ausbildung der Willenshandlungen zu entsprechen scheint. Aber weder macht sie die Entstehung complicirter Reflexbewegungen irgendwie begreiflich, noch trifft sie in Bezug auf die ursprüngliche Entwicklung der Willensäußerungen zu. Die Vorstellung, dass fertige Reflexapparate von zweckmäßiger Einrichtung der Seele zur Verfügung gestellt werden, ist nur auf Grund einer Anschauung vollziehbar, die in Cartesianischer Weise die Verbindung von Seele und Körper als eine äußere und mechanische ansieht, die jeden Augenblick ohne wesentlichen Nachtheil für beide hergestellt und getrennt werden kann[2]). Die verwickelten Reflexbewegungen, die jener Schilderung zu Grunde liegen, beobachten wir überhaupt nur auf der höchsten Stufe des Thierreichs. Die vergleichende Untersuchung dieser Bewegungen aber zeigt uns, dass ihre Entwicklung durchaus mit derjenigen der Willenshandlungen zusammenfällt. Die Reflexe, die wir an einem enthaupteten Thier wahrnehmen, sind die nämlichen Bewegungen, die wir, nur in planmäßigerer Ordnung, in den Willkürhandlungen der Individuen der nämlichen Species antreffen. Gehen wir aber hinab bis zu den niedersten Stufen des Thierreichs, so finden wir nur noch Bewegungen, die den Charakter einfacher Willenshandlungen an sich tragen, welche von Empfindungen und Trieben begleitet zu sein scheinen. Alles spricht also dafür, dass nicht die Willenshandlungen aus den Reflexen hervorgegangen sind, sondern dass die Reflexe mechanisch gewordene Willenshandlungen sind, entstanden durch die Wirkungen, welche die eingeübten Willensbewegungen auf die bleibende Organisation des Nervensystems hervorbrachten. Empirische Beweise für diese Folgerung aus der individuellen Entwicklung werden wir unten bei der Betrachtung der willkürlichen Bewegungen kennen lernen.

Eine scharfe Unterscheidung der Reflexbewegungen von den Instinct- und Willenshandlungen ist erst in der neueren Physiologie zur Durchführung gelangt. Nachdem zuerst HALLER durch seine Irritabilitätslehre den Satz zur Geltung gebracht hatte, dass Bewegung und Empfindung getrennte Functionen seien, die sich darum nicht nothwendig begleiten müssten, galt durch die Feststellung der Grundgesetze der Reflexbewegungen, welche die Physiologie namentlich den Untersuchungen von PROCHASKA und J. MÜLLER[3]) verdankt, die rein mechanische Natur dieser Bewegungen im allgemeinen als sichergestellt. Auf die merkwürdige Anpassung der Reflexbewegungen an die Einwirkungsart der Reize hat

1) LOTZE, Medicinische Psychologie, S. 292.
2) Vgl. hierzu Phil. Stud. I, S. 354 ff.
3) MÜLLER, Handbuch der Physiologie, I, 4. Aufl., S. 608.

hauptsächlich Pflüger aufmerksam gemacht und aus seinen Versuchen den Schluss gezogen, dass ein niederer Grad von Bewusstsein und Willen auch noch im Rückenmark nach der Entfernung des Gehirns zurückbleibe[1]. Mehrere Physiologen schlossen sich ihm an, von andern wurde die Auffassung vertreten, dass es sich auch hier nur um complicirtere mechanische Wirkungen handle. Lotze, der dieser letzteren Auffassung zuneigte, suchte gewisse Bewegungen auf die mechanischen Nachwirkungen der Intelligenz zurückzuführen, auf die Einflüsse der Uebung und Gewöhnung hinweisend[2]. Dass aber diese Erklärung mindestens nicht für alle Erscheinungen zureicht, hat schon Goltz hervorgehoben und durch verschiedene Versuche erläutert[3]. Er nahm daher, ähnlich wie es Schiff[4] schon früher gethan, umfangreiche Selbstregulirungen bei den Reactionen des Rückenmarks an und suchte dies durch die Verschiedenheiten in dem Verhalten enthaupteter und bloß geblendeter Frösche zu stützen. Bei solchen Thieren dagegen, denen bloß die Großhirnhemisphären genommen sind, glaubte auch Goltz einen gewissen Grad psychischer Functionen zugeben zu müssen, indem er den Grundsatz aufstellte, überall wo die Bewegungen so verwickelter Natur seien, dass man sich eine Maschine, welche dieselben ausführe, nicht mehr vorstellen könne, sei das Vorhandensein von »Seelenvermögen« anzuerkennen[5]. Aber es scheint mir zweifelhaft, ob ein Mechanismus, wie er den Rückenmarksreflexen zu Grunde liegt, uns nicht auch schon sehr schwer vorstellbar ist. Jedenfalls kann hier nirgends eine scharfe Grenze gezogen werden, während eine solche deutlich zu bemerken ist, sobald spontane, d. h. nicht aus äußeren Reizen sondern aus reproducirten Vorstellungen entspringende Bewegungen auftreten. Dies geschieht aber nur dann, wenn mindestens ein Theil der Großhirnlappen erhalten blieb. In dem Vorhandensein eines sogenannten Anpassungsvermögens liegt, wie ich glaube, ebensowenig wie in der Zweckmäßigkeit der Bewegungen ein Grund für die Existenz von Bewusstsein. Denn Anpassungsvermögen besitzt das Rückenmark oder irgend eine künstliche, mit Regulirungsvorrichtungen versehene Maschine auch, und Gradunterschiede können hier keine wesentliche Differenz begründen. Bewusstsein in dem Sinne, den wir gemäß unserer Selbstbeobachtung mit diesem Begriff verbinden, kann erst da statuirt werden, wo die Erscheinungen deutlich eine Wiedererinnerung an frühere Vorstellungen verrathen.

Aus der Physiologie ist der Begriff des Reflexes in die Psychologie eingedrungen. Er hat aber hier in neuerer Zeit eine nicht unwesentliche Umgestaltung erfahren, indem man vielfach überhaupt solche Bewegungen, bei denen die Willkür ausgeschlossen schien, als Reflexe bezeichnete, auch wenn begleitende Gefühle und Triebe als die psychischen Bedingungen der äußeren Bewegung nachzuweisen waren[6]. Es kann nun zwar an und für sich Niemand verwehrt werden, einen bestimmten Ausdruck in verändertem Sinn zu gebrauchen. Es scheint aber sehr fraglich, ob in dem gegenwärtigen Fall die Veränderung eine zweckmäßige gewesen ist. Vieldeutigkeit der Begriffe bringt immer gewisse Gefahren mit sich. Jedenfalls besteht die Nothwendigkeit, die rein me-

---

1) Pflüger, Die sensorischen Functionen des Rückenmarks, S. 46, 114 ff.
2) Lotze, Göttinger gelehrte Anzeigen, 1853, S. 1748 ff.
3) Goltz, Functionen der Nervencentren des Frosches, S. 82 ff.
4) Lehrbuch der Physiologie, I, S. 214 f.
5) A. a. O. S. 113.
6) Vgl. die Bemerkungen in Cap. XXII über die Entwicklung der Sprache.

nischen Reflexbewegungen von jenen zu sondern, bei denen psychische Ursachen wirksam erscheinen. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich aber am meisten, den Ausdruck Reflex in dem hauptsächlich durch J. Müller in die Physiologie eingeführten Sinne auch für psychologische Zwecke beizubehalten, um so mehr, da wir, wie unten gezeigt werden soll, für die unter psychischem Antrieb geschehenden Reflexe in dem Wort »Triebbewegungen« eine vollkommen angemessene Bezeichnung besitzen. Auch führt diese Bezeichnung nicht das bei jener Erweiterung des Reflexbegriffes wirksam gewesene Missverständniss mit sich, dass bei derartigen Bewegungen die Function des Willens unbetheiligt sei, ein Missverständniss, welches in der oben gerügten Verwechslung des Willens mit der Willkür seine Quelle hat.

2. Triebbewegungen und willkürliche Bewegungen.

Um die Entwicklung der Triebbewegungen zu verstehen, müssen wir auf die ursprüngliche Natur der angeborenen Triebe zurückgehen. Diese sind aber, wie wir sahen, Zustände eines unbestimmten Strebens oder Widerstrebens, bei denen ein vorhandenes Lust- oder Unlustgefühl Körperbewegungen herbeiführt, deren Effect auf die Verstärkung des Lustgefühls oder auf die Beseitigung des Unlustgefühls gerichtet ist[1]. Da kein Wesen bei der ersten Aeußerung der Triebe eine Kenntniss seiner eigenen Bewegungen und ihrer Wirkungen besitzen kann, so müssen wir die Triebbewegung zugleich als einen in der vererbten Organisation begründeten mechanischen Erfolg der äußeren Sinnesreize ansehen, welche Empfindungen und Gefühle erweckt haben. Nach ihrer physischen Seite gleicht also die Triebbewegung vollständig einer Reflexbewegung. Aber sie unterscheidet sich von den eigentlichen Reflexen dadurch, dass sie von Bewusstseinsvorgängen begleitet wird, und dass sie, vom Standpunkt der letzteren betrachtet, eine Handlung ist, welche in einem den Willen eindeutig determinirenden Motiv ihren Ursprung hat. Schon die einfachste Triebhandlung ist also eine Willenshandlung. Den Ausdruck willkürliche Handlung werden wir dagegen speciell für eine solche Willenshandlung beibehalten können, bei der eine Wahl zwischen verschiedenen Motiven stattfindet.

Unserer Beobachtung sind selbstverständlich keine thierischen Wesen gegeben, bei denen die ursprünglichen Triebbewegungen nicht bereits auf einem in der ererbten Organisation fixirten Entwicklungsprocess beruhten. Selbst die Bewegungen der niedersten Protozoen zeigen daher von Anfang an einen zweckmäßigen, der Beschaffenheit der äußeren Eindrücke und

1) Vgl. Abschnitt IV, Cap. XVIII, S. 509 f.

den Lebensbedürfnissen des Individuums angepassten Charakter. Wie dieser Zustand sich entwickelt hat, bleibt Gegenstand bloßer Muthmaßung. Um den Entwicklungsgedanken zu Ende zu führen, könnte man annehmen, aus den ursprünglich regellosen Bewegungen seien diejenigen allmählich in eine festere Verbindung mit bestimmten einwirkenden Reizen getreten, die Lustgefühle erregten oder Unlustgefühle beseitigten. Aber lässt sich dadurch auch möglicherweise die Entstehung zweckmäßiger Triebbewegungen erklären, so ist doch nicht zu übersehen, dass in dieser Erklärung selbst die psychischen Grundfunctionen, Empfindung und Wille, bereits vorausgesetzt sind. Muss die Psychologie von dem Unternehmen abstehen, die Entstehung von Bewusstsein zu erklären, ebenso wie die Physik nicht über die Entstehung von Materie Rechenschaft geben kann, so muss sie demnach auch die Grundfunctionen des Bewusstseins und damit zugleich die einfachsten Formen, in denen jene Grundfunctionen in der Körperbewegung sich äußern, als das ihr ursprünglich Gegebene voraussetzen. Denn nicht die Entstehung, sondern die Entwicklung der psychischen Lebensäußerungen bildet die Aufgabe der psychologischen Untersuchung.

Existirt bei der ersten Aeußerung der angeborenen Triebe kein vorangehendes Bewusstsein des Erfolgs der Bewegung, so muss nun aber ein solches bei den nachfolgenden Triebhandlungen immer deutlicher sich einstellen. Hand in Hand damit geht die Entwicklung der Bewegungsvorstellung (Cap. XI, S. 25). Jeder Triebäußerung geht jetzt voran: 1) die den Trieb erweckende Vorstellung, mit dem sie begleitenden Lust- oder Unlustgefühl, 2) die den Erfolg der Bewegung anticipirende Vorstellung mit dem begleitenden Lustgefühl, und 3) die Vorstellung der Bewegung in der Regel ebenfalls von einem mehr oder minder deutlichen sinnlichen Lustgefühl begleitet. Indem die Bewegung in verschiedenen Fällen bald vollkommener bald unvollkommener ihren Erfolg erreicht, wird so schon innerhalb der Triebhandlungen selbst ein Uebergang zu zweckmäßigeren Bewegungen in gewissem Grade möglich sein.

Von tiefgreifendem Einfluss auf diese Entwicklung wird nun aber die Entstehung der willkürlichen Bewegungen. Obzwar diese Entstehung die Existenz von Triebbewegungen voraussetzt, so dürfte sie gleichwohl in die früheste Entwicklungszeit des Bewusstseins hinaufreichen. Schon bei den niedersten thierischen Wesen treffen wir deutliche Anzeichen willkürlichen Handelns an. Neben den einfachen Triebbewegungen treten von Zeit zu Zeit solche Bewegungen auf, bei denen sich eine Wahl zwischen verschiedenen Motiven geltend macht. Seltener handelt es sich hierbei um einen Kampf verschiedener Triebe, wie er sich erst in den höher entwickelten Bewusstseinsformen gestaltet, als um einen Wettstreit

zwischen verschiedenen den nämlichen Trieb erweckenden Reizen. Sobald auf diese Weise die Vorstellung entstanden ist, dass statt der gegebenen Bewegung eine andere mit anderm Erfolg hätte ausgeführt werden können, so besitzt die Handlung subjectiv und objectiv das Merkmal einer willkürlichen. Die gewöhnliche Auffassung der Willkürbewegungen betrachtet es nun meist als genügend, wenn ein einzelner Act aus einer Reihe zusammengehöriger Handlungen die Zeichen der Willkür an sich trägt, um die ganze Kette von Bewegungen als willkürlich anzusprechen. Die psychologische Untersuchung muss hier nothwendig unterscheiden zwischen den willkürlichen Bestandtheilen und denjenigen, welche als bloße Triebhandlungen oder sogar als rein mechanische Erfolge der durch vorangegangene Bewegungsacte gegebenen Anstöße auftreten. Die Regel ist es durchaus, dass wir bei unsern willkürlichen Handlungen nur im allgemeinen das Ziel im Auge haben, die Ausführung im einzelnen aber einem angeborenen oder eingeübten Mechanismus überlassen. Ferner können Bewegungen, denen ursprünglich eine bewusste Absicht zu Grunde lag, nach häufiger Wiederholung auch ohne solche, vollkommen unbewusst ausgeführt werden. Ein großer Theil der Bewegungen bei unsern täglichen Beschäftigungen gehört hierher. Meistens geht dabei nur der erste Anstoß von unserm Willen aus, zuweilen können wir aber auch einen ganzen Bewegungsact oder sogar eine Reihe zusammengesetzter Bewegungen von Anfang bis zu Ende ohne Bewusstsein vollbringen, um erst dann, manchmal mit Ueberraschung, den Effect wahrzunehmen.

Verfolgt man die Entwicklung einer derartigen mechanisch eingeübten Bewegung in solchen Fällen, wo sich dieselbe während des individuellen Lebens vollzieht, so erkennt man deutlich, dass einzelne ursprünglich willkürliche Bewegungsacte allmählich mechanisch werden, indem sie sich zuerst in Triebbewegungen umwandeln, die auf eine bestimmte bewusste Empfindung, nicht selten auf eine vorangegangene Bewegungsempfindung, mit mechanischer Sicherheit, aber meistens noch begleitet von einem deutlichen Gefühl befriedigten Triebes, eintreten, worauf sie dann, dadurch dass auch die Empfindung aus dem Bewusstsein verschwindet, völlig den Charakter von Reflexen annehmen können[1]). Auf diese Weise sind diejenigen Handlungen, die man gewöhnlich als willkürliche bezeichnet, meistens Complexe aus wirklich willkürlichen Bewegungen, aus Triebbewegungen und aus rein mechanischen Reflex- und Mitbewegungen.

Vergleichen wir mit den Erfolgen der individuellen Uebung die complicirteren Instincthandlungen der Thiere, so können sichtlich die letzteren

1) Man vergleiche hierzu die Bemerkungen über den Uebergang der zusammengesetzten Reactionsvorgänge in die automatische Form, Cap. XVI, S. 382 ff.

nur erklärt werden, wenn man annimmt, dass ein ursprünglicher Trieb allmählich willkürliche Handlungen in seine Dienste genommen hat, die dann, auf die Organisation zurückwirkend, zu mechanisch eingeübten Triebhandlungen geworden sind. Ebenso werden wir in allen jenen oft höchst zweckmäßigen und zusammengesetzten Reflexen, die man bei Thieren beobachtet, welchen die zu den Functionen des Bewusstseins unerlässlichen Centraltheile mangeln, die Residuen eingeübter Willkürbewegungen sehen dürfen. Die individuelle Entwicklung unterstützt so die aus der generellen geschöpfte Annahme, dass sich nicht die Willenshandlungen aus Reflexen entwickelt haben, sondern dass im Gegentheil die zweckmäßigen Reflexbewegungen stabil und mechanisch gewordene Willenshandlungen sind. Die gesammte Entwicklung der thierischen Bewegungen müssen wir hiernach als eine divergirende auffassen. Die Triebbewegungen bilden den Ausgangspunkt einerseits für die Ausbildung der höheren Willenshandlungen, der Willkürbewegungen, anderseits für die Entstehung der ohne Betheiligung des Bewusstseins erfolgenden reflectorischen und automatischen Bewegungen, welche letzteren aber nicht bloß aus den ursprünglichen Triebbewegungen, sondern fortwährend auch aus den Willkürbewegungen hervorgehen. Zugleich geschieht diese Rückverwandlung wahrscheinlich immer durch das Mittelglied der Triebbewegungen. zuerst ist die eine Bewegung auslösende Sinneserregung noch von Empfindungen und Triebgefühlen begleitet, dann verschwinden diese allmählich, und die Auslösung der Bewegung erscheint nun als ein bloß mechanischer Vorgang.

Auf die wichtigen Folgen solcher Rückverwandlungen der Willkürbewegungen in Triebhandlungen und Reflexe braucht kaum noch hingewiesen zu werden. Nur der Umstand, dass die Leistungen des Willens allmählich zu mechanischen Erfolgen sich befestigen, ermöglicht es demselben zu immer neuen Leistungen fortzuschreiten. Die nämliche Sicherheit, die man für die Willensäußerungen dadurch gewährleistet sah, dass ihnen die Natur von Anfang an einen zweckmäßigen Mechanismus zur Verfügung gestellt habe, wird durch jene Entwicklung erreicht, und sie wird um so gewisser erreicht, als der Wille selbst sich im Laufe der Zeit die mechanischen Vorrichtungen schafft, die seinen Zwecken dienen sollen.

Der allmähliche Uebergang, der zwischen den einzelnen Formen der Körperbewegung stattfindet, bringt es mit sich, dass die verschiedenen Entwicklungsstufen nicht in jedem einzelnen Fall durch die objective Beobachtung sicher unterschieden werden können. So muss es bei vielen Bewegungen des Neugeborenen unbestimmt bleiben, ob sie als Triebbewegungen oder als Reflexe anzusehen sind. Die mimischen Reflexe z. B., die unmittelbar nach der Geburt durch die Einwirkung süßer, saurer und bitterer Geschmacksstoffe auf die

Zunge hervorgerufen werden[1]), dürften schon die Bedeutung einfacher Triebbewegungen besitzen, da sie ohne Zweifel von Empfindungen begleitet sind und ein Streben oder Widerstreben gegenüber den äußeren Reizen ausdrücken. Ebenso sind die Saugbewegungen, welche bei Berührung der Lippen, namentlich bei gleichzeitigem Vorhandensein von Hungerempfindungen, entstehen, als Triebbewegungen aufzufassen. Dagegen sind die anfänglichen Bewegungen des Auges bei Lichteindrücken, die Körperbewegungen bei Tasteindrücken, das wegen der ursprünglichen Verklebung der Ohrkanäle in der Regel erst nach mehreren Tagen zu beobachtende Zusammenfahren bei Schallreizen wahrscheinlich Reflexe. Es ist bei dieser Unterscheidung zu beachten, dass nicht jede auf Einwirkung eines Reizes stattfindende Bewegung, bei der den Reiz zugleich eine bewusste Empfindung begleitet, darum schon als eine Triebbewegung angesprochen werden darf; das Kriterium der letzteren besteht immer darin, dass sie als eine in den Formen des Strebens oder Widerstrebens auftretende Reaction des Willens gegenüber dem äußeren Reize erscheint. Darum sind z. B. die in Cap. XVIII (S. 503 ff.) geschilderten körperlichen Rückwirkungen der Affecte zu einem nicht geringen Theil Reflexe oder auch automatische Bewegungen, die aus einer längere Zeit den Eindruck überdauernden Erregung der Nervencentren entspringen. Das Zusammensinken beim Schreck, das Lachen und Weinen bei Freude und Trauer sind ebenso reflectorische und theilweise automatische Erfolge der Erregung wie das Erröthen bei der Scham, die Veränderung des Herzschlages bei den verschiedensten Affecten, der Thränenerguss und andere Rückwirkungen auf die dem Willen entzogenen Muskeln oder Secretionsorgane. Dagegen vermengen sich schon in den Gesticulationen des Zornigen automatische Erregungen mit Triebäußerungen, wie sie sich in der geballten Faust, in dem Knirschen der Zähne verrathen. Zu dem Reflex des Zusammenfahrens gesellt sich beim Schreck eine Triebbewegung, wenn die Hand schützend gegen die drohende Gefahr ausgestreckt wird. Auf diese Weise pflegen sich bei diesen unwillkürlichen Reactionen Reflexe und Triebbewegungen auf das innigste zu vermengen, und es ist begreiflich, dass im einzelnen Fall die Unterscheidung beider Bestandtheile schwierig wird, weil ja eine Bewegung, die den Charakter einer Triebbewegung besitzt, vermöge des oben geschilderten Uebergangs der Willenshandlungen in mechanische Bewegungen, gelegentlich auch als Reflex vorkommen kann. Da jener Uebergang bei allen thierischen Wesen schon in einem gewissen Grade stattgefunden hat, so ist selbstverständlich die Frage, ob es auch solche automatische und reflectorische Bewegungen gibt, die sich nicht aus Trieb- und Willkürbewegungen entwickelt haben, aus der Erfahrung nicht zu beantworten. Wir werden nur immer in jenen Fällen, wo die mechanische Bewegung deutlich den Charakter der Zweckmäßigkeit an sich trägt, einen Ursprung aus Willenshandlungen annehmen dürfen, da, so viel bekannt, allein die Entwicklung des Willens es ist, die zweckmäßige thierische Bewegungen hervorbringt. Die allgemeine Entwicklungsgeschichte macht es denkbar, dass selbst solche Bewegungen, die bei den höheren Thieren entweder vollständig, wie die Herzbewegungen, oder großentheils, wie die Athembewegungen, der Einwirkung des Willens entzogen sind, aus anfänglichen Triebbewegungen ihren Ursprung genommen haben. Denn als Anfänge jener Functionen begegnen uns bei den

1) Kussmaul, Untersuchungen über das Seelenleben des neugeborenen Menschen. Leipzig und Heidelberg 1859, S. 16 ff.

niederen Thieren Bewegungen, die nicht mit automatischer Regelmäßigkeit, sondern in unregelmäßigen Zwischenräumen und, wie es scheint, unter dem directen Einfluss bestimmter Ernährungstriebe auftreten.

Entzieht sich wegen der in der angeborenen Organisation angelegten Vorrichtungen die Entstehung der automatisch-mechanischen Bewegungen aus ursprünglichen Willenshandlungen durchaus unserer unmittelbaren Beobachtung, so bieten dagegen die Vorgänge bei der Erlernung und Einübung complicirterer Bewegungen belehrende Belege für dieselbe. Es gibt keine erlernte und geübte Bewegung, vom Gehen, Schwimmen, Sprechen und Schreiben an bis zu den Hand- und Fingerbewegungen am Clavier oder bei den verschiedensten technischen Beschäftigungen, wo nicht Schritt für Schritt jener Uebergang sich verfolgen ließe. Nachdem der Wille zuerst jede einzelne Bewegung isolirt ausgeführt hat, fasst er ganze Complexe von Bewegungen zusammen, indem nur noch die eine Gruppe einleitende Bewegung durch directen Willensimpuls zu Stande kommt, während die folgenden mit diesem Anfangsglied automatisch verkettet werden. Bei der ersten Erlernung der meisten dieser Bewegungen spielt der Nachahmungstrieb eine wichtige Rolle. Wie das erste Lachen des Kindes als ein Mitlachen entsteht, wenn man es anlacht, so regt sich die Lust zu Gehbewegungen durch die Wahrnehmung fremder Bewegungen. Der Articulationsunterricht der Taubstummen benützt diese Erfahrung, indem bei ihm zuerst nur überhaupt die Fertigkeit in der Nachbildung von Bewegungen geübt wird wobei man zugleich von möglichst einfachen und deutlich sichtbaren Bewegungen der äußeren Körpertheile ausgeht, um dann erst unter Zuhülfenahme des Tastsinns die feineren und verborgeneren Bewegungen der Articulationsorgane hervorzubringen[1]). Auch hier ist aber alles Streben darauf gerichtet, bestimmte Combinationen von Bewegungen, die ursprünglich durch den Willen verbunden waren, mechanisch zu fixiren, damit sich, wenn nur ein Glied einer Gruppe im Bewusstsein angeregt wird, sofort das Ganze reproducirt.

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Ausdrucksbewegungen.

1. Allgemeine Formen der Ausdrucksbewegungen.

Indem sich die Gemüthsbewegungen fortwährend in äußeren Bewegungen spiegeln, werden die letzteren zu einem Hülfsmittel, durch die sich verwandte Wesen ihre inneren Zustände mittheilen können. Alle Be-

1) W. Gude, Die Gesetze der Physiologie und Psychologie über die Entstehung der Bewegungen und der Articulationsunterricht der Taubstummen. Diss. Leipzig 187?

wegungen, die einen solchen Verkehr des Bewusstseins mit der Außenwelt herstellen helfen, nennen wir Ausdrucksbewegungen. Diese bilden aber nicht etwa eine Bewegungsform von besonderem Ursprung, sondern sie sind immer zugleich Reflex- oder Willensbewegungen. Es ist also einzig und allein der symptomatische Charakter, der sie auszeichnet. Sobald eine Bewegung ein Zeichen innerer Zustände ist, welches von einem Wesen ähnlicher Art verstanden und möglicherweise beantwortet werden kann, wird sie damit zur Ausdrucksbewegung. Indem durch sie das Bewusstsein des einzelnen Wesens Theil nimmt an der geistigen Entwicklung einer Gesammtheit, bildet sie den Uebergang von der individuellen Psychologie zur Psychologie der Gemeinschaft.

Die Thiere sind, so viel wir wissen, großentheils beschränkt auf die Aeußerung von Gemüthsbewegungen[1]). Erst die höhere Entwicklung des Bewusstseins, welche der Mensch erreicht, macht zum Ausdruck mannigfacher Vorstellungen und Begriffe fähig. Noch das Kind in der ersten Lebenszeit und der Blödsinnige, dessen Verstand unentwickelt geblieben ist, lassen nur Affecte und Triebe erkennen. Es liegt daher die größte Wahrscheinlichkeit vor, dass sich überall die Gedankenäußerung aus der Aeußerung der Gemüthsbewegungen entwickelt habe.

Alle Aeußerungen der Gemüthsbewegungen geschehen selbst beim Menschen im Anfang des Lebens unwillkürlich; sie sind theils Triebhandlungen theils reflectorische Bewegungen. Allmählich erst werden einzelne Ausdrucksbewegungen durch den Willen gehemmt, andere hervorgebracht, die nicht durch einen zwingenden Trieb verursacht sind, und es entstehen auf diese Weise willkürliche Ausdrucksformen. Indem der Culturmensch den Ausdruck seiner Affecte nach den Andern richtet, von denen er sich beobachtet weiß, sucht er Geberden und Mienen dieser Rücksicht anzupassen. Er sucht gewisse Affecte zu verbergen und andere auszudrücken. So sind das conventionelle Lächeln in Gesellschaft und die mancherlei Höflichkeitsgeberden bald moderirte bald übertriebene bald willkürlich fingirte Aeußerungen. Dieser Einfluss des Willens wird aber in der Regel ohnmächtig, wenn die Gemüthsbewegung zu hohen Graden anwächst. Auch gelingt es ihm meistens nur das Innere zu verschleiern, selten es ganz zu verhüllen.

---

1) Dies schließt nicht aus, dass nicht einzelne Thiere auch bestimmte Vorstellungen zu äußern vermögen. In der That beobachten wir solches in einem gewissen Grade bei unsern intelligenteren Hausthieren. Der Hund z. B. gibt durch nicht zu missdeutende Geberden zu verstehen, dass er spazieren gehen will, dass man ihm eine Thür öffnen soll, u. dergl. Wenn nun gleich diese Aeußerungen von Affecten ausgehen, so enthalten sie doch auch gleichzeitig eine Beziehung auf Vorstellungen. Die gewöhnlich gehörte Behauptung, dass das Thier ganz auf die Aeußerung von Gefühlen beschränkt sei, geht also jedenfalls zu weit. Vgl. meine Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2. Aufl. S. 394.

Die Ausdrucksbewegungen der Gemüthszustände sind in verschiedener Weise classificirt worden. Entweder wurde der physiologische Gesichtspunkt angewandt, indem man den Ausdruck, dessen die einzelnen Körpertheile, Auge, Mund, Nase, Arme u. s. w., fähig sind, zergliederte; oder die Aeußerungsformen der einzelnen Affecte wurden nach der psychologischen Verwandtschaft der letzteren neben einander gestellt. Aber diese beiden Wege werfen, so interessant sie für die praktische Menschenkenntniss sein mögen, doch auf das Wesen der Ausdrucksbewegungen höchstens ein indirectes Licht. Wir wollen es daher versuchen, dieselben nach ihrem eigenen, unmittelbaren Ursprung in gewisse Gruppen zu sondern. In dieser Beziehung lassen sich nun, wie ich glaube, alle von Affecten oder Trieben ausgehenden Bewegungen zunächst auf drei empirische Regeln zurückführen, die übrigens sehr häufig zusammenwirken, so dass eine einzelne Bewegung gleichzeitig unter mehrere fällt. Wir können dieselben bezeichnen als das Princip der directen Innervationsänderung, der Association analoger Empfindungen und der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen.

Unter dem Princip der directen Innervationsänderung verstehen wir die Thatsache, dass bei starken Gemüthsbewegungen eine unmittelbare Wirkung auf die Centraltheile der motorischen Innervation stattfindet, wodurch bei den heftigsten Affecten eine plötzliche Lähmung zahlreicher Muskelgruppen, bei geringeren Erschütterungen aber zunächst eine Erregung entsteht, die erst späterhin der Erschöpfung Platz macht. Dieses Princip tritt um so reiner hervor, je stärker die Gemüthsbewegung ist. Mit dem Steigen der letzteren nimmt zugleich die Ausbreitung der Innervationsänderung zu, so dass Unterschiede des Ausdrucks, an denen sich die Qualität des Affectes erkennen ließe, nicht mehr wahrzunehmen sind[1]). Ist die Gemüthsbewegung weniger heftig, so kommen aber gleichzeitig die andern Formen des Ausdrucks zur Geltung. Neben der allgemeinen Muskelerschütterung ist nun deutlich die Beschaffenheit der Gefühle oder die Richtung der Sinnesvorstellungen, welche den Affect erzeugten, in Mienen und Geberden zu lesen.

Die dem Princip der directen Innervationsänderung folgenden Ausdrucksbewegungen sind unter allen am meisten der Herrschaft des Willens entzogen. So ordnen sich denn auch die auf S. 504 besprochenen Wirkungen der Affecte auf die unwillkürlichen Muskeln des Herzens und der Gefäße und auf die Absonderungsorgane vor allem diesem Princip unter. Namentlich sind es die Verengerungen und Erweiterungen der Blutgefäße.

1) Vgl. S. 507.

das Erblassen und Erröthen, und der Erguss der Thränen, die einen wichtigen Bestandtheil des Ausdrucks starker Affecte zu bilden pflegen. Diese unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen sind zugleich specifisch menschliche[1]), und sie scheinen verhältnissmäßig spät von der Gattung Homo erworben zu sein, da Kinder in der ersten Zeit ihres Lebens weder weinen noch erröthen. Doch scheinen ähnliche Veränderungen in der Haut, wie sie beim Erblassen vorkommen, auch bei Thieren sich einzustellen, da das Aufrichten der Haare, das beim Menschen die Todtenblässe der Angst zuweilen begleitet, weitverbreitet bei Thieren gefunden wird[2]). Das Erröthen begleitet im allgemeinen mäßigere Affecte, Scham, Verlegenheit, seltener, und dann meist mit dem Erblassen abwechselnd, die Aufwallungen des Zorns. Da die Scham, dieser zum Erröthen vorzugsweise disponirende Gemüthszustand, von welchem er auf die andern Affecte vielleicht erst übertragen wurde, eine durchaus menschliche Eigenthümlichkeit ist, so erklärt sich wohl hinreichend die Beschränkung desselben auf das Menschengeschlecht, bei dem es übrigens eine ganz allgemeine Ausdrucksweise zu sein scheint[3]). Die meist vorhandene Beschränkung des Erröthens auf die Gesichtshaut dürfte wohl von derselben Ursache herrühren, die bei allen das Herz stark erregenden Affecten die Rückwirkung der gesteigerten Herzaction am stärksten an den Blutgefäßen des Kopfes uns fühlen lässt. Durch ihre anatomische Lage sind die Kopfschlagadern der heranstürzenden Blutwelle am meisten ausgesetzt. Nun beruht das Erröthen auf einem augenblicklichen Nachlass der Gefäßinnervation, welcher als compensirender Vorgang die gleichzeitig durch den Affect bedingte Herzerregung begleitet[4]). Da diese compensirende Innervationsänderung sich ohne Zweifel nach den Bedürfnissen regulirt hat, so ist es begreiflich, dass sie vorzugsweise jene Gebiete trifft, welche der Wirkung der Herzaction am meisten ausgesetzt sind[5]). Der Erguss der Thränen ist eine Secretion, die als rein mechanischer Reflex bei Reizungen der Bindehaut des Auges und zuweilen der Retina sich einstellt. Heftige Zusammenziehungen der Augenschließmuskeln,

---

1) Nur der Elephant soll bei heftigen Gemüthsbewegungen zuweilen Thränen vergießen. Vgl. Darwin, Der Ausdruck der Gemüthsbewegungen. Deutsch von J. V. Carus. Stuttgart 1872, S. 168.

2) Darwin ebend. S. 96 f.

3) Darwin a. a. O. S. 322.

4) Vgl. Cap. V, I, S. 183.

5) Auch bei Thieren, namentlich Kaninchen, beobachtet man, dass sich bei gesteigerter Herzaction die Gefäße am Kopf, besonders die Ohrarterien, erweitern. Ohne Zweifel sind also die sensibeln Fasern des Herzens mit den die Blutgefäße an Kopf und Hals regulirenden Hemmungsvorrichtungen in innigere Verbindung gesetzt. Aus diesen Gründen scheint mir die Hypothese Darwin's, dass die Aufmerksamkeit auf das Gesicht die Ursache jener Beschränkung des Erröthens sei (a. a. O. S. 344), mindestens entbehrlich. Auch widerspricht ihr die Thatsache, dass das Erröthen gerade zu jenen Ausdrucksformen gehört, die dem Einfluss des Willens und also auch der Aufmerksamkeit am wenigsten zugänglich sind.

wie sie bei starken Exspirationen und auch beim Weinen vorkommen. pflegen zwar beim Menschen einige Thränen zu erpressen; dies kann aber um so weniger der Grund der Secretion sein, als die gleichen Bewegungen bei Thieren zu finden sind, welche nicht weinen. Auch die reiche Menge des Secretes lässt sich nur aus einer directen Reflexwirkung auf die Absonderungsnerven der Drüse erklären. Man darf wohl vermuthen, dass die Bedeutung, welche diese Secretion beim Menschen erlangt, mit der lange dauernden Wirkung, die gerade bei ihm tiefere Gemüthsaffecte hervorbringen, zusammenhängt. Den Gefahren, mit denen diese Wirkung das Nervensystem bedroht, wird durch die anhaltende Innervation der Thränendrüsen begegnet, die, wie jede nach außen gerichtete Erregung. eine Ableitung und Lösung der hoch angewachsenen inneren Spannung mit sich führt. Als Secretion hat sie nur diese lösende, nie die verstärkende Wirkung auf den Affect, welche den Muskelbewegungen unter Umständen zukommen kann [1]. Schwieriger ist die Frage, wie gerade die Thränendrüsen zu dieser Rolle schmerzlindernder Ableitungsorgane kommen. Vielleicht hängt dies mit der Bedeutung zusammen, welche die Gesichtsvorstellungen für das menschliche Bewusstsein gewinnen. Die Thränen sind zunächst ein Secret, das zum Schutze des Auges gegen mechanische Insulte bestimmt ist. Von fremden Körpern, wie Staub, Insecten u. dergl., befreit sich das Auge durch den reflectorisch eintretenden Thränenerguss. Nun wird unser drittes Princip lehren, dass Bewegungen, die ursprünglich durch bestimmte Empfindungsreize geweckt wurden, dann auch durch Vorstellungen, welche nicht einmal in der Anschauung gegeben sein müssen, sondern nur eine jenen Empfindungen analoge Wirkung auf das Bewusstsein äußern, hervorgerufen werden können. Der Thränenerguss ließe sich demnach als eine Wirkung leidvoller Gesichtsvorstellungen auffassen, welche dann allmählich zur Aeußerungsform des Schmerzes überhaupt geworden ist. Sollte diese Erklärung richtig sein, so wäre das Weinen nach seiner ursprünglichen Bedeutung dem Princip der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen unterzuordnen, und erst unter der Wirkung der Vererbung wäre es zu einer directen Innervationsänderung geworden [2]. Es ist dies übrigens ein Vorgang, der sich bei fast allen Ausdrucksbewegungen wiederholt. Je fester diese sich durch Generationen hindurch eingewurzelt haben, um so leichter erfolgen sie mit der mechanischen Sicherheit des einfachen Reflexes. ohne dass sich die anfänglich die Bewegung herbeiführenden Bedingungen

1) Vgl. S. 503.

2) Darwin (a. a. O. S. 177) vermuthet, dass das Weinen durch den mechanischen Druck hervorgebracht werde, welchem das Auge bei der Mimik des starken Schreiens ausgesetzt sei. Aber dem widerspricht, wie ich glaube, die Thatsache, dass Thiere und selbst ganz junge Kinder auf das heftigste schreien können, ohne Thränen zu vergießen.

in merklichem Grade geltend zu machen brauchen. Die Wichtigkeit, welche hierbei der Vererbung zukommt, leuchtet hinreichend aus der bekannten Thatsache hervor, dass gewisse Mienen und Geberden bei verschiedenen Gliedern einer Familie beobachtet werden, und dies sogar in solchen Fällen, wo Nachahmung nicht wohl ins Spiel kommen kann[1]). Trotzdem sind solche Ausdrucksbewegungen, ebenso wie die Instincte, noch nicht erklärt, wenn man sie einfach als vererbte Gewohnheiten betrachtet. Jeder angenommenen Gewohnheit liegt eine psychologische Ursache zu Grunde, welche sich auf irgend eines oder auf mehrere der hier erörterten Principien des Ausdrucks wird zurückführen lassen, und die nämliche Ursache, welche die Bewegung ursprünglich herbeiführte, wird in einem gewissen Grade auch noch bei ihrer Wiedererzeugung wirksam sein. Nur so wird es begreiflich, dass selbst derartige individuell beschränkte Geberden doch immer an bestimmte Gemüthsaffecte gebunden sind.

Die directe Innervationsänderung ist fast immer begleitet von einer bedeutenden Rückwirkung des Affectes auf die Apperception. Nicht bloß die plötzliche Lähmung oder Erregung der Muskeln bei starken Affecten, sondern auch jene schwächeren Anwandlungen, die sich nur am Herzschlag, am Erbleichen oder Erröthen der Wangen verrathen, sind sehr gewöhnlich mit einer Verwirrung des Gedankenlaufs verbunden, die ihrerseits auf den Affect selbst und seine körperlichen Folgen verstärkend zurückwirken kann. Der Furchtsame oder Verlegene stottert, nicht bloß weil ihm die Zunge mechanisch den Dienst versagt, sondern zugleich weil ihm die Gedanken stille stehen. Auch hierin verräth sich wieder der nahe Zusammenhang der motorischen Innervation mit dem Apperceptionsvorgang.

Das Princip der Association analoger Empfindungen stützt sich auf die mehrfach hervorgehobene Thatsache, dass Empfindungen von ähnlichem Gefühlston leicht sich verbinden und gegenseitig verstärken[2]). Zunächst kommen hier die Haut- und Muskelempfindungen in Betracht, die mit allen Ausdrucksbewegungen verbunden sind. So können schon die energischen Bewegungen, welche, heftige Affecte begleitend, zunächst eine Wirkung der directen Innervationsänderung sind, nebenbei auch darauf bezogen werden, dass die starke Gemüthsbewegung starke Tast- und Muskelempfindungen als sinnliche Grundlage verlangt. Unwillkürlich passt daher die Spannung der Muskeln, die sich an der Ausdrucksbewegung betheiligen, dem Grad des Affectes sich an. Deutlicher aber kommt unser

1) Darwin a. a. O. S. 34.
2) Vgl. Cap. X, I, S. 578 f.

Princip bei den mimischen Bewegungen zur Geltung. Der Druck der Wangenmuskeln richtet sich offenbar, wie HARLESS mit Recht bemerkt, nach den Qualitäten des zum Ausdruck kommenden Gefühles[1]). So sehen wir die mimische Bewegung zwischen der schmerzvollen Verzerrung bei leidvollen Affecten, dem wohlthuenden Druck befriedigten Selbstgefühls und der festen Spannung energischer Stimmungen mannigfach wechseln. Zu der vielseitigsten Verwendung aber kommt das Princip der analogen Empfindungen bei den mimischen Bewegungen des Mundes und der Nase. Beide entstehen zunächst als Trieb- oder Reflexwirkungen auf Geschmacks- und Geruchsreize. Am Munde unterscheiden wir deutlich den Ausdruck des Sauren, Bittern und Süßen. Die beiden ersteren sind im allgemeinen unangenehme Empfindungen, welche gemieden werden, das dritte ist ein angenehmer, von dem Geschmacksorgan aufgesuchter Reiz. Unsere Zunge ist aber an den verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche für diese verschiedenen Geschmacksreize in verschiedenem Grade empfindlich, die hinteren Theile des Zungenrückens und der Gaumen vorzugsweise für das Bittere, die Zungenränder für das Saure, die Zungenspitze für das Süße. So kommt es, dass wir bei der Einwirkung saurer Stoffe den Mund in die Breite ziehen, wobei sich Lippen und Wangen von den Seitenrändern der Zunge entfernen. Bittere Stoffe verschlucken wir, während der Gaumen stark gehoben und die Zunge niedergedrückt wird, damit beide möglichst wenig den Bissen berühren. Kosten wir dagegen süße Stoffe, so werden Lippen und Zungenspitze denselben in schwachen Saugbewegungen entgegengeführt, um möglichst mit dem angenehmen Reiz in Berührung zu kommen[2]). Diese Bewegungen haben sich nun so fest mit den betreffenden Geschmacksempfindungen associirt, dass ein reproducirtes Bild der letzteren, ohne die thatsächliche Einwirkung eines Geschmacksreizes, durch die Bewegung selbst schon entsteht. Sobald daher Affecte in uns aufsteigen, die mit den sinnlichen Gefühlen, welche an jene Empfindungen gebunden sind, eine Verwandtschaft besitzen, so werden nun die nämlichen Bewegungen ausgeführt, die dem Affecte in der analogen Empfindung im Gebiet des Geschmacksorgans einen sinnlichen Hintergrund geben. Alle jene Gemüthsstimmungen, welche auch die Sprache mit Metaphern wie bitter, herbe, süß bezeichnet, combiniren sich daher mit den entsprechenden mimischen Bewegungen des Mundes[3]). Einförmiger ist die Mimik der Nase. Hier wechseln nur Oeffnen und Schließen der Nasenlöcher, um bald die Aufnahme angenehmer, bald die Abwehr unange-

1) HARLESS, Plastische Anatomie, S. 126 f.
2) Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 1. Aufl. (1864), II, S. 348.
3) PIDERIT, Wissenschaftliches System der Mimik und Physiognomik. Detmold 18[illegible] S. 69.

nehmer Geruchseindrücke zu unterstützen, Bewegungen, die dann in ähnlicher Weise wie die mimischen Reflexe des Mundes auf alle möglichen Lust- und Leidaffecte übertragen werden [1]).

Das Princip der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen beherrscht wohl alle die Mienen und Geberden, die sich auf die zwei vorigen Grundsätze nicht zurückführen lassen. So werden die Ausdrucksbewegungen der Arme und Hände vor allem durch dieses Princip bestimmt. Wenn wir mit Affect von gegenwärtigen Personen und Dingen sprechen, weisen wir unwillkürlich mit der Hand auf sie hin. Ist aber der Gegenstand unserer Vorstellung nicht anwesend, so fingiren wir wohl denselben irgendwo in unserm Gesichtsraum, oder wir deuten nach der Richtung, in der er sich entfernt hat. Gleicherweise bilden wir in affectvollem Sprechen oder Denken Raum- und Zeitverhältnisse nach, indem wir das Große und Kleine durch Erhebung und Senkung der Hand, Vergangenheit und Zukunft durch Rückwärts- und Vorwärtswinken andeuten. In der Empörung über eine Beleidigung ballen wir die Faust, selbst wenn der Beleidiger gar nicht anwesend ist, oder wir doch nicht entfernt die Absicht haben, ihm persönlich zu Leibe zu gehen; ja der Erzähler, der Ereignisse einer fernen Vergangenheit berichtet, braucht wohl die gleiche Bewegung, wenn ein ähnlicher Affect in ihm aufsteigt. Nach Darwin's Ermittelungen scheint übrigens diese Geberde nur bei Völkern heimisch zu sein, welche mit den Fäusten zu kämpfen pflegen [2]). Bei heftigem Zorn kann sich die nämliche Bewegung mit der Entblößung der Zähne verbinden, als sollten auch diese zum Kampfe verwendet werden. Als Gegensatz zu dem aggressiven Emporrecken des Halses, wie es dem Zorn und energischen Muth eigen ist, erscheint das Achselzucken, eine ursprünglich wohl dem ängstlichen Verbergen und andern zweifelhaften Gemüthslagen eigenthümliche Geberde, die bei uns zum gewöhnlichen Ausdruck der Unentschiedenheit geworden ist. Wir können es als eine unwillkürliche Rückzugsbewegung, oder, wo es sich, wie oft beim eigentlichen Zweifel, mehrmals wiederholt, als einen Wechsel zwischen Angriff und Rückzug auffassen. Von ähnlicher Bedeutung sind die Geberden der Bejahung und Verneinung. Bei der ersteren neigen wir uns einem fingirten Objecte zu, bei der letzteren wenden wir uns mehrmals von demselben ab. Endlich fällt unter dieses Princip fast die ganze Mimik des Auges. Bei gespannter Aufmerksamkeit ist der Blick fest und fixirend, auch wenn das Object, dem sich unser aufmerksames Nachdenken zu-

1) Ebend. S. 90 f.
2) Darwin a. a. O. S. 252.

wendet, nicht gegenwärtig ist. Ferner öffnet sich das Auge weit im Moment der Ueberraschung; es schließt sich plötzlich beim Erschrecken. Der Verachtende wendet den Blick zur Seite, der Niedergeschlagene kehrt ihn zu Boden, der Entzückte nach oben. Von den Bewegungen des Auges hängt zugleich der mimische Ausdruck seiner Umgebung ab. So legt sich bei lebhaft geöffnetem Auge die Stirn in horizontale, bei fest fixirendem Blick in verticale Falten. Die senkrechte Stirnfurchung verbunden mit dem gespannten Blick wird durch ihre Uebertragung auf verschiedenartige Vorstellungen ein sehr verbreiteter mimischer Zug, welcher angestrengtes Nachdenken, Sorge, Kummer, Zorn ausdrücken kann. Erst die übrigen Ausdrucksbewegungen können in diesem Fall Licht werfen auf die besondere Richtung der Stimmung.

Es wurde schon bemerkt, dass sich die drei hier erörterten Formen des Ausdrucks zu einem gemeinsamen Effect combiniren können. So sind denn in der That meistens die Aeußerungen der Gemüthsbewegungen von zusammengesetzter Art und bedürfen daher einer Zergliederung in ihre Elemente. Diese Untersuchung der einzelnen mimischen Formen liegt außerhalb unserer Aufgabe[1]), bei der es sich bloß um die Nachweisung der allgemeinen psychophysischen Gesetze handelt, die hier zur Geltung kommen. Nur auf zwei complicirtere Bewegungen dieser Art wollen wir hinweisen, welche die stärksten Ausdrucksmittel der entgegengesetzten Lust- und Leidaffecte darstellen: das L a c h e n und W e i n e n. Der Gesichtsausdruck des Weinens besteht, wie bei dem sauren Geschmacksreiz, in einer Erweiterung der Mundspalte, die sich zuweilen mit dem bittern Zug mehr oder minder deutlich combinirt. Zugleich werden die Nasenlöcher geschlossen, die Nasenwinkel herabgezogen, wie bei der Abwehr unangenehmer Geruchsreize. Das Auge ist halb geschlossen, als solle ein empfindlicher Lichtreiz ferngehalten werden, und die Spannung der das Auge umgebenden Muskeln wird entsprechend der Stärke des Affectes vermehrt: in Folge dessen legt sich die Stirn in senkrechte Falten. Auch die Stimmmuskeln nehmen, namentlich bei Kindern, leicht an der verbreiteten motorischen Erregung Theil. Durch directe Innervationsänderung ergießen sich die Thränen, der Herzschlag wird beschleunigt, und die Blutgefäße verengern sich. Wahrscheinlich ist es die dauernde Contraction der kleinen Arterien, die eine Reizung des Centrums der Exspiration herbeiführt. Das Schreien wird daher zu einem natürlichen Begleiter der krampfhaften Ausathmungsanstrengungen, die in Folge der Dypnoë, die sie herbeiführen, von einzelnen Inspirationsstößen unterbrochen werden.

1) Man vergleiche hierüber namentlich die angeführten Werke von Darwin und Piderit, sowie meinen Aufsatz über den Ausdruck der Gemüthsbewegungen, Ess. S. 222.

So stellt das Schluchzen als natürliche Folge heftigen Weinens sich ein. Das Lachen unterscheidet sich vom Weinen hauptsächlich durch die verschiedene Mimik der Nase und des Auges. Beide Sinnesorgane sind in der Regel weit geöffnet, wodurch die Stirn in horizontale Falten gelegt wird; auch der Mund ist geöffnet, als sollten alle Sinne den erfreulichen Eindruck aufnehmen. Dabei findet auch beim Lachen eine directe Innervation der Gefäße statt. Sie ist aber nicht, wie beim Weinen, eine dauernde, sondern, gemäß der Natur der Lachreize, des Kitzels und des Komischen, höchst wahrscheinlich eine intermittirende[1]. So tritt denn auch eine intermittirende Reizung des Exspirationscentrums ein. Das Lachen macht sich daher von Anfang an in einzelnen durch Einathmungen getrennten Exspirationsstößen Luft. Bekanntlich kann bei heftigem Lachen die so bewirkte starke Erschütterung des Zwerchfells sehr anstrengend werden. Dann nimmt das Auge die Mimik der Anstrengung an, fest gehaltenen Blick verbunden mit senkrechten Stirnfalten. Daher die merkwürdige Aehnlichkeit, welche Lachen und Weinen in ihren äußersten Graden darbieten.

Die Versuche, zwischen dem Aeußeren des Menschen, namentlich seinen Gesichtszügen, und seinem Innern gewisse Gesetze der Beziehung aufzufinden, sind zwar uralt, denn sie gründen sich auf die allgemeine Wahrnehmung der Wechselwirkung zwischen Geist und Körper; doch sind diese Versuche, wie sie namentlich in den früheren Arbeiten über Physiognomik vorliegen, von geringem Werthe. Sie leiden alle an dem Fehler, dass sie bleibende Verhältnisse der Form, die auf dem Knochenbau oder andern Eigenschaften der ursprünglichen Bildung beruhen, als bedeutungsvolle Symbole des geistigen Charakters ansehen, und sie ergehen sich meistens in einer ganz willkürlichen Vergleichung menschlicher Züge mit Thierformen, indem sie sich für berechtigt halten, daraus auf eine Verwandtschaft des Temperamentes oder sonstiger Eigenthümlichkeiten zu schließen[2]. Im Mittelalter hatte die Physiognomik, analog der Chiromantik, den Charakter einer geheimnissvollen Kunst angenommen. Lavater's Arbeiten waren nicht geeignet, ihr diesen Charakter zu rauben. Er selbst sagt, mit der Physiognomie sei es wie mit allen Gegenständen des menschlichen Geschmacks: man könne ihre Bedeutung empfinden, aber nicht ausdrücken[3]. Lichtenberg, der gegen die enthusiastischen Ergießungen Lavater's die Pfeile seiner Satire richtete, hat zugleich schon vollkommen richtig die wissenschaftliche Aufgabe bezeichnet, die hinter jenen physiognomischen Verirrungen versteckt lag: die

1) E. Hecker, Die Physiologie und Psychologie des Lachens und des Komischen S. 7 ff. Vgl. oben S. 250.

2) Aristoteles, Physiognomica, cap. 4 seq. (Eine unechte Schrift.) J. B. Porta, De humana physiognomia. Hanoviae 1593. Die Vorstellungen über thierische Verwandlungen des Menschen hängen mit diesen Ansichten nahe zusammen. Vgl. Plato, Timäus 44.

3) Lavater's Physiognomische Fragmente. Verkürzt herausgegeben von Armbruster. 3 Bde. Winterthur 1783—87. I, S. 101.

Untersuchung der an die Affecte gebundenen Ausdrucksbewegungen[1]). Dieses Ziel fassten denn auch J. J. ENGEL[2]), CHARLES BELL[3]), HUSCHKE[4]) u. A. ins Auge, ohne dass sie jedoch zu hinreichend sicheren Resultaten gelangt wären, obgleich namentlich die Arbeiten von ENGEL und BELL manche richtige Beobachtungen darbieten. Die meisten Physiologen und Psychologen verhielten sich aber gänzlich skeptisch gegen solche Versuche, die oft mit der Cranioskopie auf eine Linie gestellt wurden[5]). Erst in einigen neueren Arbeiten ist mit der Zurückführung der Ausdrucksbewegungen auf bestimmte psychologische Principien ein Anfang gemacht worden. So stellt HARLESS[6]) den Satz auf, dass die Gesichtsmuskeln stets solche Spannungsempfindungen herbeiführen, welche dem vorhandenen Affecte entsprechen, ein Satz, der, wie wir sahen, innerhalb gewisser Grenzen richtig und unserm Princip der Association analoger Empfindungen zu subsumiren ist. PIDERIT[7]) sucht nachzuweisen, dass die durch Geisteszustände verursachten mimischen Muskelbewegungen sich theils auf imaginäre Gegenstände, theils auf imaginäre Sinneseindrücke beziehen, ein Gesetz, welches theilweise mit unserm dritten Princip zusammenfällt. Endlich hat DARWIN[8]) alle Ausdrucksbewegungen bei Thieren und Menschen drei allgemeinen Principien subsumirt, welche jedoch von den oben aufgestellten wesentlich verschieden sind. Das erste nennt er das Princip zweckmäßig associirter Gewohnheiten. Gewisse complicirte Handlungen, die unter Umständen von directem oder indirectem Nutzen waren, sollen in Folge von Gewohnheit und Association auch dann ausgeführt werden, wenn kein Nutzen mit ihnen verbunden ist. Das zweite Princip ist das des Gegensatzes. Wenn gewisse Seelenzustände mit bestimmten gewohnheitsmäßigen Handlungen verbunden sind, so sollen die entgegengesetzten Zustände sich aus bloßem Contrast mit den entgegengesetzten Bewegungen verbinden. Nach dem dritten Princip endlich werden Handlungen von Anfang an unabhängig von Willen und Gewohnheit durch die bloße Constitution des Nervensystems verursacht. Ich kann nicht verhehlen, dass mir diese drei Principien weder richtige Verallgemeinerungen der Thatsachen zu sein, noch die letzteren vollständig genug zu enthalten scheinen. Ein wirklicher oder scheinbarer Nutzen lässt sich bei den Ausdrucksbewegungen natürlich schon deshalb in gewissem Umfang beobachten, weil sie ursprünglich Reflexe und als solche dem Gesetz der Zweckmäßigkeit und der Anpassung unterworfen sind[9]). Sie sind dies aber, wenigstens bei dem Individuum, schon vermöge der Constitution des Nervensystems. Hier fließen also DARWIN's erstes und drittes Princip in einander. Ueber die Ursachen, weshalb solche zweckmäßige Reflexe auch auf andere Sinneseindrücke übertragen werden, wo von einem Nutzen derselben nicht mehr die Rede sein kann, darüber geben jedoch DARWIN's Sätze keinen Aufschluss. Hier kommt nun theils das Princip der Verbindung analoger Empfindungen theils das Princip der Beziehung der Bewegun-

1) LICHTENBERG's vermischte Schriften. Ausgabe von 1844. IV, S. 18 ff.
2) Ideen zu einer Mimik. 2 Thle. Berlin 1785—86.
3) Essays on anatomy of expression. 1806. 3. Aufl., 1844.
4) Mimices et physiognomices fragmenta. Jen. 1821.
5) J. MÜLLER, Handbuch der Physiologie, II, S. 92.
6) Lehrbuch der plastischen Anatomie, S. 131.
7) System der Mimik und Physiognomik, S. 25.
8) Der Ausdruck der Gemüthsbewegungen. Deutsche Ausg., S. 28.
9) Siehe Cap. XXI, S. 586 ff.

zu Sinnesvorstellungen zur Anwendung, die beide in Darwin's Aufstellung nicht enthalten sind. So ist denn auch bei diesem das Gesetz des Contrastes ein offenbarer Nothbehelf. Dafür dass eine Ausdrucksbewegung als Contrast zu einer andern auftrete, muss doch ein psychologischer Grund aufgefunden werden. Ein solcher führt aber immer wieder auf die von uns oben formulirten Principien des Ausdrucks und damit auf positive Bedingungen für die betreffende Bewegung zurück. Wenn z. B. der Hund, seinen Herrn liebkosend, eine Haltung darbietet, die jener, wo er sich einem andern Hunde feindlich naht, gerade entgegengesetzt ist[1]), so hat dies seinen Grund theils in den Eigenschaften der Tast- und Muskelempfindungen, die das Wedeln des Schwanzes und die Windungen des Körpers begleiten, theils in der Furcht vor dem Herrn, die sich in der gebückten Stellung kundgibt, also in Bewegungen, die wieder in Analogien der Empfindung und in der Beziehung zu Vorstellungen begründet sind. Abgesehen von diesen unzureichenden psychologischen Ausführungen seiner Theorie hat übrigens Darwin das Verdienst, ein außerordentlich reiches Material von Beobachtungen gesammelt und die Bedeutung der Vererbung auch auf diesem Gebiet durch zahlreiche Beispiele nachgewiesen zu haben.

Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, dass die drei oben aufgestellten Principien nicht die eigentlichen Erklärungsgründe der Ausdrucksbewegungen, sondern lediglich eine allgemeine Unterscheidung und Eintheilung ihrer Hauptformen enthalten sollen. Ihrem Ursprunge nach besitzen ja die Ausdrucksbewegungen keine specifische Bedeutung, da sie, wie schon oben betont wurde, theils den Trieb-, theils den Willkür-, theils endlich den Reflexbewegungen unterzuordnen sind. Ihre allgemeine Theorie fällt daher mit derjenigen dieser allgemeinen Bewegungsformen zusammen. Wie bei den Willenshandlungen, so hat man sich aber selbstverständlich auch bei den Ausdrucksbewegungen vor der Einmengung falscher metaphysischer Vorstellungen in die psychologische Theorie zu hüten. Es kann niemals die Aufgabe der letzteren sein, die physiologische Seite unserer äußeren Willenshandlungen auf ihre letzte Ursache zurückzuführen, theils weil diese Aufgabe der Physiologie zufällt, theils und besonders aber deshalb, weil dieselbe bei der ungeheuren Verwicklung der Mechanik der Centralorgane in jedem einzelnen Falle auf ein unlösbares Problem hinausführt. Die Psychologie muss sich also damit begnügen, die einem gegegebenen psychischen Act entsprechende äußere Bewegung als psychologisch erklärt anzusehen, sobald nur ihr Eintritt dem Princip des psycho-physischen Parallelismus entspricht, d. h. sobald die Bewegung einem aus psychologischer Causalität abgeleiteten inneren Vorgange als die zugehörige physische Erscheinung sich anschließt. Selbstverständlich ist einer solchen psychologischen Causalerklärung nur dann die metaphysische Voraussetzung eines »Influxus physicus« unterzuschieben, wenn dabei ausdrücklich das Princip des psychophysischen Parallelismus negirt, und das psychische Motiv als die directe Ursache der ihr völlig ungleichartigen materiellen Wirkung postulirt wird, wie dies allerdings von den Anhängern des Cartesianischen Seelenbegriffs zum Theil noch heute geschieht. Nicht minder im Widerspruch mit jenem Princip ist aber natürlich die Vorstellung eines Influxus physicus von umgekehrter Richtung, wie ihn manche Physiologen und Pathologen ausdrücklich oder still-

1) Darwin a. a. O. S. 51 f.

schweigend vertreten. Während solche Autoren mit Recht gegen die Annahme protestiren, dass der Wille oder ein seelischer Affect die directe metaphysische Ursache einer Körperbewegung sein könne, finden sie kein Arg dabei, aus beliebigen physiologischen Innervationsprocessen seelische Vorgänge auf dem Wege eines unmittelbaren Causalnexus entspringen zu lassen[1]).

2. Geberdensprache und Lautsprache.

Unter dem dritten Princip der Ausdrucksbewegungen sind uns bereits Geberden entgegengetreten, in denen nicht bloß ein innerer Affect zur Wirkung gelangt, sondern wobei sich die Bewegung zugleich auf bestimmte äußere Vorstellungen bezieht. Den Gegenstand, der unser Gefühl erregt, deuten wir an, indem wir auf ihn hinweisen, ihn anblicken oder, wenn er nicht unmittelbar gegeben ist, seine zeitlichen und räumlichen Beziehungen irgendwie durch Bewegungen kenntlich machen. Hierdurch geht die Affectäußerung unmittelbar über in die Gedankenäußerung, als deren einfachste Form die Geberdensprache sich darstellt. Alle Geberden, welche zur Aeußerung und Mittheilung von Vorstellungen dienen können, lassen sich dem dritten Princip der Ausdrucksbewegungen unterordnen. Ursprünglich gehen sie ohne Zweifel, wie alle Ausdrucksbewegungen, aus Affecten hervor. Ein unwiderstehlicher Trieb zwingt uns, den Gemüthsbewegungen Luft zu machen, wobei zugleich, wie bei jeder Triebäußerung, die eintretende Bewegung in einer mehr oder weniger deutlich erkennbaren Beziehung steht zu dem erregenden Eindruck. So wird die Vorstellung durch die Geberde ausgedrückt, ohne dass ursprünglich nothwendig eine besondere Absicht der Mittheilung im Spiele zu sein braucht. Aber der Mensch findet sich von Anfang an unter andern Menschen. Die Geberde, die eine reine Affectäußerung ist, wird von gleichgearteten Wesen verstanden und so zum Hülfsmittel absichtlicher Mittheilung. Die anfängliche Triebbewegung geht in eine willkürliche Bewegung über, die zu dem Zweck hervorgebracht wird, Vorstellungen und Gefühle mitzutheilen an Andere. Wie schon bei dem Ursprung der Geberde der Nachahmungstrieb zur Nachbildung äußerer, das Gefühl erregender Vorgänge anregt, so bewirkt derselbe weiterhin eine Nachbildung von Seiten des Mitmenschen, an den die Geberde sich wendet, ein Vorgang, der zur Befestigung und Ausbreitung bestimmter pantomimischer Bewegungen wesentlich beiträgt. Je öfter aber die gleiche Geberde gebraucht wurde, um so mehr geht sie in ein conventionelles Zeichen für

1) Vergl. meine Ethik, 2. Aufl. S. 467 ff.

die Vorstellung über, welches nun auch ohne einen besonderen Antrieb des Affectes benutzt werden kann. Indem der Gesichtskreis des Sprechenden sich erweitert, sucht er dann nach Zeichen, durch welche er verwandte Vorstellungen von einander scheide. So greift, in dem Maße als die Geberden Hülfsmittel der Mittheilung für eine denkende Gemeinschaft werden, mehr und mehr die Willkür in den Gebrauch derselben ein. Nie freilich kann dieselbe in der Entwicklung der natürlichen Geberdensprache an sich bedeutungslose Zeichen hervorbringen. Immer muss dem individuell erzeugten Symbol das Verständniss von Seiten des Andern, an den die Mittheilung geht, entgegenkommen, was nur so lange möglich ist, als eine Beziehung der Geberde zu der Vorstellung, die sie bedeuten soll, existirt. Da nun die menschliche Natur aller Orten die nämliche ist, so begreift es sich, dass unter den verschiedensten Umständen, wo eine reine Geberdensprache sich ausbilden kann, bei den Taubstummen verschiedener Länder, zwischen wilden Stämmen, die ohne gemeinsame Lautsprache verkehren, im wesentlichen immer wieder ähnliche Zeichen für ähnliche Vorstellungen gebraucht werden. Die Mittheilung durch Geberden ist daher eine wahre Universalsprache, in der es übrigens immerhin an einzelnen, so zu sagen dialektischen Verschiedenheiten nicht fehlt, die den besondern Bedingungen, unter denen sie sich ausbildet, entsprechen[1]).

Die einfachste Weise, in welcher eine Vorstellung ausgedrückt werden kann, ist die unmittelbare Hinweisung auf den Gegenstand. Dieses Hülfsmittel ist aber in der Regel nicht anwendbar, wenn der Gegenstand abwesend ist. Hier hilft sich daher die Geberde mit der Nachbildung desselben. Sie zeichnet seine Umrisse in die Luft, oder sie nimmt irgend eines seiner Merkmale heraus, das sie andeutet. Solche nachbildende Zeichen werden dann auch gebraucht, um allgemeine Vorstellungen auszudrücken. So pflegt bei den Taubstummen das Zeichen für »Mann« die Bewegung des Hutabnehmens zu sein; für »Weib« wird die geschlossene Hand auf die Brust gelegt; für »Kind« wird der rechte Ellenbogen auf der linken Hand geschaukelt: für »Haus« werden mit beiden Händen die Umrisse von Dach und Mauern in die Luft gezeichnet, u. s. w.[2]). Wir können also zweierlei Geberdezeichen unterscheiden: demonstrirende, unmittelbar hinweisende, und malende, solche die den Gegenstand oder hervorstechende Merkmale desselben nachbilden. Als Unterformen der malenden Geberde lassen sich unterscheiden: die direct bezeichnenden, die mitbezeichnenden und die symbolischen Geberden. Mitbezeichnende Geberden stellen nicht den Gegenstand selbst dar, sondern

1) E. B. Tylor, Forschungen über die Urgeschichte der Menschheit, S. 44 ff.
2) Tylor a. a. O. S. 25.

eine mit ihm in der Regel verbundene Thatsache. So gehören die Geberden für Mann und Kind zu den mitbezeichnenden, diejenige für Haus zu den direct bezeichnenden. Die symbolischen Geberden werden nur bei abstracten Begriffen angewandt, denen sie ein sinnliches Bild substituiren: so z. B. wenn der Taubstumme die Begriffe Wahrheit und Lüge gleichsam in eine gerade und eine schiefe Rede übersetzt, indem er im einen Fall den Zeigefinger vom Munde aus gerade nach vorn führt, im andern eine ähnliche Bewegung schräg ausführt. Alle diese Zeichen können nun in allen möglichen grammatischen Bedeutungen gebraucht werden. Die natürliche Geberdensprache kennt keinen Unterschied von Nomen und Verbum; die Hülfszeitwörter und überhaupt alle abstracten Redetheile fehlen ihr. Sie ist, wenn man will, eine reine Wurzelsprache: ihre ganze Fähigkeit besteht in der Aneinanderreihung von Vorstellungszeichen. Selbst die Reihenfolge, in der dies geschieht, ist keine fest bestimmte. Alles, was man die Syntax der Geberdensprache nennen könnte, reducirt sich darauf, dass sich die Vorstellungszeichen in derjenigen Ordnung aneinander schließen, in welche das Interesse des Sprechenden sie bringt[1]).

Die Hauptzeichen der Geberdensprache, jene demonstrirenden und malenden Geberden, die den Wurzeln der Lautsprache verglichen werden können, ordnen sich zwar sämmtlich dem dritten Princip der Ausdrucksbewegungen unter. Aber darum sind die beiden andern Gesetze, namentlich das zweite, auch für die Gedankenäußerung keineswegs bedeutungslos. Indem das Mienenspiel des Gesichts fortwährend die Gefühle und Affecte andeutet, welche mit den ausgedrückten Zeichen verbunden werden, wird die Bedeutung dieser Zeichen verständlicher. Auf diese Weise bildet besonders die Mimik des Mundes einen fortlaufenden, wenn auch nur auf Gefühle hinweisenden Commentar zu dem, was Auge, Hand und Finger directer ausdrücken. Diese Begleitung durch Gefühlsausdrücke fehlt auch bei der Lautsprache keineswegs; sie pflegt nur ungleich lebendiger zu sein bei der Geberdensprache, die kein Hülfsmittel entbehren kann das zu größerer Verdeutlichung dienen mag.

Der Sprachlaut entspringt gleich der Geberde aus dem Trieb, der in den Menschen gelegt ist, seine Gefühle und Affecte mit Bewegungen zu begleiten, welche zu den gefühlerregenden Eindrücken in unmittelbarer Beziehung stehen und dieselben durch subjectiv erzeugte analoge Empfindungen verstärken. Ursprünglich entstehen zweifellos alle diese

1) Vgl. Steinthal, in Prutz' Deutschem Museum, 1851, I, S. 922, und meinen Aufsatz: Die Sprache und das Denken, Essays, S. 244 ff.

Bewegungen in der Form einer Triebhandlung. Auf das Object, das seine Aufmerksamkeit fesselt, weist der Naturmensch mit der Hand hin; die Bewegung anderer Wesen oder selbst lebloser Objecte, die sein Mitgefühl erregen, bildet er nach durch eine ähnliche Bewegung, und er begleitet diese Bewegungen mit Lauten, welche nach dem Princip der Verbindung analoger Empfindungen die stumme Geberde verstärken. Oder er weckt eine reproducirte Vorstellung zu größerer Lebendigkeit, indem er den Gegenstand derselben durch malende Pantomimen nachbildet und wieder einen gleich bedeutungsvollen Laut hinzufügt. Noch heute können wir diesen Process an Menschen von lebhafter Phantasie beobachten, wenn sie ihre einsamen Gedanken mit Gesticulationen und Worten begleiten. Nur das Wort finden sie in der Sprache bereits vor, das jener erste Naturmensch, wie wir ihn hier voraussetzen, gleichfalls in der Form einer natürlichen Geberde hervorstieß. Aber die ursprüngliche Klanggeberde unterscheidet sich von der stummen Pantomime wesentlich dadurch, dass sich in ihr die Bewegung mit der Schallempfindung verbindet. Sie bietet also der äußeren Vorstellung, an die sie sich anschließt, eine doppelte subjective Verstärkung dar, und hierdurch schon muss sie die stumme Geberde an versinnlichender Kraft hinter sich lassen. Als begleitende Bewegung kann auch der Taubstumme die Klanggeberde gebrauchen, indem er für bestimmte Vorstellungen bezeichnende Laute hat, die ihm selbst nur als Bewegungsempfindungen bewusst sind[1]. Aber das weitaus überwiegende Element der Klanggeberde ist vermöge der hohen Entwicklung des Gehörssinns der Klang, der, wie das Beispiel der musikalischen Wirkungen zeigt, unendlich mannigfaltiger Formen des Ausdrucks fähig ist. Wie in der Musik der Klang benutzt wird, um das Wechseln und Wogen der Gefühle zu schildern, so wird er in dem Sprachlaut zum Symbol der Vorstellung. Als solches musste er, wie jede Geberde, dem Sprechenden ursprünglich als ein natürliches Zeichen der Vorstellung erscheinen. Hierzu bieten sich zwei Wege dar. Zunächst wird zwischen der Vorstellung und dem Laut sowohl wie der Bewegungsempfindung, die bei dessen Erzeugung entsteht, eine Verwandtschaft vorhanden sein. Diese ist am augenfälligsten in den allerdings seltenen Fällen unmittelbarer Schallnachahmung. Eine viel wichtigere Rolle als diese directe Onomatopöie spielt ein Vorgang, den wir die indirecte Onomatopöie nennen können, und der auf der Uebertragung anderer Sinneseindrücke in Klangempfindungen beruht; eine Uebertragung, die durchaus im Gebiet des Gefühls vor sich geht, da jene Analogien der Empfindung, auf welche sie zurückführt, ganz und gar aus übereinstimmenden Gefühlen

---

1) Vgl. oben S. 598, und Steinthal, in Prutz' Deutschem Museum, 1851, I, S. 917.

hervorgehen[1]). Gerade der unendliche Reichthum des Gehörssinns macht ihn fähig, den verschiedensten Vorstellungen anderer Sinne sich anzuschmiegen. Unter diesen kommt dem Gesichtssinn gewiss eine wichtige Rolle zu, doch liegt kein Grund vor ihn für den einzigen zu halten, von welchem der Sprachtrieb ausgeht. Alle Sinne des Menschen sind den äußern Eindrücken geöffnet. So wird denn bald dieser bald jener den klangerzeugenden Trieb anregen. Immer kann natürlich durch die Klanggeberde nur ein einzelnes Merkmal der Vorstellung herausgegriffen werden, das gerade dem Bewusstsein des spracherzeugenden Naturmenschen am lebhaftesten sich einprägt. Indem aber der Andere, an den die Rede sich richtet, unter den nämlichen Bedingungen äußerer Anregung und innerer Aneignung sich befindet, wird auch ihm das durch den Laut bevorzugte Merkmal leicht als das zutreffendste erscheinen und so das Verständniss seiner Bedeutung von selbst erwecken. Ein zweites naturgemäß sich darbietendes Hülfsmittel, welches diese Verständigung erleichtert, ist sodann die Verbindung des Sprachlauts mit andern Geberden. Noch heute können wir beobachten, wie der sprechende Naturmensch das Wort mit lebendigen Pantomimen begleitet, welche dasselbe auch dem der Sprache nicht mächtigen Zuhörer verständlich machen. Erst allmählich, durch Sitte und Cultur, hat diese innige Verschwisterung von Sprache und Geberde sich abgeschwächt, und ist die erstere als das mächtigere Hülfsmittel der Gedankenmittheilung fast allein übrig geblieben.

Die Klanggeberden, die den Charakter ursprünglicher den Affect äußernder Triebbewegungen besitzen, sind jedoch an und für sich noch keine Sprache, sondern sie bilden nur die unerlässliche Grundlage der sich entwickelnden Lautsprache, ähnlich wie die allgemeinen Ausdrucksbewegungen eine solche Grundlage bilden für die Geberdensprache. Die Sprache selbst entsteht erst in dem Moment, wo die Klanggeberde, begleitet von andern Geberden, die zu ihrem Verständnisse beitragen, in der Absicht der Mittheilung subjectiver Vorstellungen und Affecte an Andere gebraucht wird, in dem Moment also, wo die ursprüngliche Triebbewegung zur willkürlichen Handlung wird. Die Absicht des Einzelnen würde aber ohne Erfolg bleiben, wenn nicht eine übereinstimmende Entwicklung der Triebe und des Willens in den andern Mitgliedern der Gemeinschaft ihr entgegenkäme, und wenn nicht auch hier der Nachahmungstrieb verbunden mit dem Streben nach Verständigung zu einer Fixirung der einmal entstandenen Lautzeichen wesentlich beitrüge. Bei der Ent-

1) Siehe Cap. X, I, S. 578. Außerdem vgl. hierzu die Erörterungen von Lazarus, Leben der Seele, II, S. 92 ff., und Steinthal, Abriss der Sprachwissenschaft. Berlin 1871, I, S. 376.

wicklung der Sprache werden wir sonach drei Stadien unterscheiden können: 1) das Stadium der triebartigen Ausdrucksbewegungen, 2) das Stadium der willkürlichen Verwendung dieser Bewegungen zum Zweck der Mittheilung, und 3) das Stadium der Ausbreitung der Bewegungen durch zuerst triebartige, dann ebenfalls willkürliche Nachahmung. Doch werden diese Entwicklungsstadien nicht als streng geschiedene Zeiträume zu denken sein. Vielmehr wird wahrscheinlich, während noch neue triebartige Ausdrucksbewegungen entstehen, schon eine willkürliche Verwendung der bereits vorhandenen stattfinden; namentlich aber die zweite und dritte Stufe sind als nahezu simultane Vorgänge anzunehmen, da der willkürliche Gebrauch der Geberden und Laute keinen Erfolg hätte und deshalb sofort erlöschen würde, wenn ihm nicht der Nachahmungstrieb und die übereinstimmende Willensentwicklung der übrigen Mitglieder der Gesellschaft fördernd entgegenkämen.

Die Ursprache des Menschen haben wir uns somit wohl als eine Reihe ein- oder mehrsilbiger Laute[1]) zu denken, die, von Geberden begleitet, concrete Vorstellungen ohne weitere grammatische Beziehungen ausdrückten, ähnlich wie heute noch die stumme Geberde in der natürlichen Sprache der Taubstummen. Die so entstandene Klanggeberde hat, sobald sie Eigenthum einer redenden Gemeinschaft geworden ist, die Eigenschaft einer Sprachwurzel. Es können nun jene mannigfachen Wandlungen, Verbindungen mit andern Wurzeln, flectionale Abschleifungen und Lautverschiebungen, vor sich gehen, in denen sich die Weiterentwicklung der Sprache bethätigt. Dabei verliert naturgemäß der Laut von seiner ursprünglichen Lebendigkeit. In gleichem Maße aber gewinnt er an Fähigkeit, von concreten Vorstellungen allmählich auf abstracte Begriffe übertragen zu werden. So wird die Sprache zu einem immer bequemeren Instrument des Denkens. Dieser innern Metamorphose geht die äußere parallel. Ueberall deutet die Entwicklung der Sprachen darauf hin, dass dieselben mehr und mehr an Härte und an mechanischer Schwierigkeit für den Redenden einbüßen. Für die Ursprache, die danach ringt jede Vorstellung durch einen treffenden Laut auszudrücken, fallen die Schwierigkeiten der Lautbildung wenig ins Gewicht. Diese machen sich erst geltend, sobald der Laut die sinnlich lebendige Bedeutung verloren hat, die ihm einst zukam.

---

1) Nach vielen Sprachforschern sind alle Sprachen aus monosyllabischen Wurzeln aufgebaut (W. v. Humboldt, Ueber die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues. Werke, VI, S. 386, 405. Max Müller, Vorlesungen über die Wissenschaft der Sprache, I, Leipzig 1863, S. 220). Aber diese Regel ist nur von einzelnen Sprachstämmen, namentlich dem indogermanischen, abstrahirt worden. Gewisse Wurzeln können, wie W. Bleek bemerkt, schon deshalb nicht einsilbig sein, weil sie mehrsilbige Schalleindrücke nachahmen (Bleek, Ueber den Ursprung der Sprache. Weimar 1868, S. 55).

Das ursprüngliche Zusammengehen von Sprachlaut und Geberde lässt vermuthen, dass sich die Wurzeln der Lautsprache in die nämlichen Gruppen scheiden wie die Zeichen der Geberdensprache. Wie es demonstrirende und malende Bewegungen gibt, so wird auch die Sprache hinweisende und nachahmende Laute enthalten. In der That dürfte mit dieser Eintheilung die linguistische Classification in *demonstrative* und *prädicative* Wurzeln (Deute- und Nennwurzeln) zusammenfallen [1]). Die an Zahl überwiegenden prädicativen Wurzeln wären dann als die Analoga der nachbildenden Geberden anzusehen. Nur bei ihnen wäre jene directe oder indirecte Onomatopöie wirksam, welche irgend einen Bestandtheil der Vorstellung herausgreift, um ihn durch einen charakteristischen Laut zu bezeichnen. Bei der demonstrativen Wurzel fehlt diese Beziehung. Wörter wie »Ich, Du, hier, dort« u. s. w. können auch in der Ursprache mit keiner unmittelbaren oder mittelbaren Lautnachahmung des Gegenstandes zusammenhängen, da diesen abstracten Symbolen überhaupt der bestimmte Gegenstand fehlt. Wahrscheinlich beruht hier der Laut, gleich der begleitenden Geberde, nur auf einer hinweisenden Bewegung, die mit Hand und Auge auch das Sprachorgan ergreift, und es mag sein, dass diese hinweisende Bedeutung vielmehr der Bewegungsempfindung als dem Laut innewohnt, der hier nur ein unerlässlicher Begleiter der Bewegung ist.

Nicht unter die Wurzeln der Sprache pflegt man die Interjectionen zu rechnen, die sich bekanntlich schon durch ihre Gleichförmigkeit in verschiedenen Sprachen auszeichnen. Als reine Gefühlsausbrüche ohne Beziehung auf bestimmte Vorstellungen sind sie auch psychologisch wesentlich von der eigentlichen Klanggeberde verschieden. Während die letztere, gleich den Zeichen der natürlichen Geberdensprache, vollständig unserm dritten Princip der Ausdrucksbewegungen untergeordnet ist, haben die Interjectionen die Bedeutung von Stimmreflexen, welche auf einer directen Innervationsänderung beruhen, dabei aber gleichzeitig in ihrer Form durch die mimischen Bewegungen bestimmt sind, die den Analogien der Empfindung gemäß durch den betreffenden Eindruck erregt werden. So ist auf die Interjection der Verwunderung das plötzliche Oeffnen des Mundes welches diesen Affect begleitet, auf die Interjection des Abscheus die Ekelbewegung der Antlitzmuskeln von Einfluss, u. s. w. Bei diesen reinen Gefühlsausdrücken der Sprache sind also das erste und zweite Princip der Ausdrucksbewegungen wirksam.

Man pflegt anzunehmen, dass dem Bewusstsein des heute lebenden Menschen die Fähigkeit eine Lautsprache zu entwickeln ganz oder großen-

---

1) M. Müller a. a. O. S. 211 f. G. Curtius, Zur Chronologie der indogermanischen Sprachforschung. 2. Aufl., S. 21.

theils verloren gegangen sei. Diese Vermuthung stützt sich hauptsächlich auf den Umstand, dass in der Sprache jene innere Beziehung zwischen Sprachlaut und Vorstellung, welche wir zur Erklärung ihrer Entstehung voraussetzen müssen, fast nirgends mehr anzutreffen ist. Den Uebergang in ein äußeres Zeichensystem erklärt man aus einer Abnahme der Phantasiethätigkeit, welche überdies in manchen andern Erscheinungen, wie z. B. in dem Erblassen der mythologischen Vorstellungen, sich bestätige. Es ist aber nicht zu übersehen, dass die Sprache durch die Entwicklung des abstracteren Denkens, das sie ermöglicht, an diesem Zurücktreten der sinnlichen Lebendigkeit des Denkens wahrscheinlich die größte Schuld trägt[1], während dagegen der Uebergang der Sprachsymbole in äußere Zeichen von scheinbar willkürlicher Bedeutung schon durch den Uebergang in ein geläufiges Zeichensystem bedingt war, welcher Uebergang ein allmähliches Unkenntlichwerden der ursprünglichen Lautbeziehungen herbeiführen musste. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass noch heute in einer Gemeinschaft von Menschen der Process ursprünglicher Sprachentwicklung sich wiederholen würde, wenn der Einfluss einer bereits existirenden Sprache auf dieselben ausgeschlossen bliebe. In der That kann wohl das schon angeführte Beispiel der Taubstummen, welche sich eine natürliche Geberdensprache bilden, als ein Zeugniss für diese Fortdauer des Sprachtriebes angesehen werden. Ebenso scheint es, dass bei dem Kinde die Aneignung der Sprache durch den in ihm liegenden Sprachtrieb wesentlich begünstigt wird.

Zuweilen wurde als besonders beweisend für die Wirksamkeit dieses Triebes auch die Existenz der Kindersprache angesehen, indem man annahm, dass einzelne Laute derselben von dem Kinde selbst in der Absicht bestimmte Gegenstände zu bezeichnen gebildet worden seien. Aber die aufmerksame Beobachtung scheint diese Annahme nicht zu bestätigen. Die Kindersprache ist ein gemeinsames Erzeugniss des Kindes und seiner erwachsenen Umgebung. Das Kind gibt die Laute her, aber der Erwachsene erst weist diesen Lauten ihre Bedeutung an und verleiht ihnen so den Charakter von Sprachlauten. Die Mütter und Ammen, die sich der Lautfähigkeit des Kindes und seiner Vorliebe für Lautwiederholungen accommodiren, sind also die eigentlichen Erfinder der Kindersprache. Um dem Kinde verständlich zu werden, wählen sie theils onomatopoetische Laute theils demonstrirende und nachahmende Geberden zur Verdeutlichung. Die Bedeutung der leichter verständlichen Geberde begreift das Kind zuerst; auch vermag es selbst früher durch Geberden sich mitzutheilen als durch Worte. So wird noch heute bei der individuellen Entwicklung der Sprache die Geberdensprache zum Hülfsmittel der Wortsprache.

---

1) Vgl. S. 450 ff.

Dass die Thiere nicht sprechen lernen, obgleich manchen von ihnen die erforderlichen physiologischen Eigenschaften der Stimmwerkzeuge nicht fehlen, ist wahrscheinlich ein Resultat mannigfacher, freilich wieder unter einander zusammenhängender Verhältnisse. Während manche intelligente Thiere, z. B. Affen und Hunde, nicht bloß Gefühle sondern auch gewisse einfache Vorstellungen pantomimisch zu äußern vermögen, sind die Stimmlaute, die sie dabei hervorbringen, bloße Gefühlsausdrücke. Die Geberdensprache ist bei diesen Thieren offenbar etwas mehr entwickelt als die Lautsprache, in der sie sich auf einige Interjectionen beschränkt sehen. Der Vorzug des Menschen besteht demnach erstens in dem überhaupt unendlich reicheren Ausdruck von Vorstellungen, und zweitens in dem ihm allein eigenthümlichen Besitz einer Lautsprache. Gewiss ist es nicht zureichend, wenn man diese Unterschiede einfach auf die höhere geistige Entwicklung des Menschen oder gar auf ein besonderes, nur ihm eigenes Seelenvermögen zurückführt. Der Sprachlaut ist ursprünglich nur Vorstellungszeichen. Vorstellungen haben aber auch die Thiere. Es fragt sich also nur, warum sie meist ihre Vorstellungen nicht einmal durch Geberden, niemals durch Laute ausdrücken können. Sind wir nun auch nicht im Stande in das Innere der Thiere zu sehen, so kann uns doch gerade die mangelnde Gedankenmittheilung einigermaßen über dieses Innere Aufschluss geben. Die mechanische Regulirung der Bewegungen nach den Sinneseindrücken vollzieht sich in ihrem Gehirn ebenso sicher wie in dem des Menschen. Aber der Vorgang der activen Apperception muss höchst mangelhaft von statten gehen. Die Vorstellungen werden daher in ihrem Bewusstsein weniger deutlich von einander sich scheiden, so dass jene aufmerksame Erfassung des Einzelnen, die zur Bezeichnung durch Geberde und Sprachlaut erfordert wird, fast gänzlich fehlt. Auch hier bietet das Bewusstsein des Kindes in frühester Lebenszeit, dem die meisten in seinem Sehbereich auftauchenden Gegenstände in ein Ganzes zusammenfließen (S. 302), noch eine gewisse Annäherung an den thierischen Zustand. Der Sprachtrieb regt sich beim Kinde erst, wenn sich ihm die Objecte deutlicher zu sondern beginnen, so dass sich das Einzelne seiner Aufmerksamkeit aufdrängt. Für die Entwicklung einer Lautsprache fehlen aber den Thieren außerdem noch die besonderen Verbindungen der Stimm- und Gehörnervenfasern innerhalb des Centralorgans, Verbindungen, welche beim Menschen in der Entwicklung des den Insellappen und die Grenzen der Sylvischen Spalte einnehmenden Rindengebietes zu erkennen sind (I S. 168 f.). Da wir die Sprache nicht mehr als ein dem Menschen anerschaffenes Wunder, sondern nur noch als ein nothwendiges Entwicklungsproduct seines Geistes betrachten können, so müssen wir annehmen, dass mit der Vervollkommnung des Organs der Apperception, wie sie sich in der reicheren Entfaltung

des Vorderhirns kundgibt, auch jene centralen Vorrichtungen, die der Apperception ihren kräftigsten Ausdruck in der Lautsprache schufen, allmählich sich ausgebildet haben.

Ist die Sprache entstanden, so hat sie nun aber nicht mehr bloß die Bedeutung eines unmittelbaren Erzeugnisses des Bewusstseins, das für die Ausbildung des letzteren, seiner unterscheidenden und combinirenden Thätigkeit, ein Maß abgibt, sondern sie ist zugleich das wichtigste Werkzeug der Vervollkommnung des Denkens. Dies spricht sich vor allem in der Fortentwicklung der Sprache selber aus. Doch hat hier die Aufgabe der physiologischen Psychologie ihr Ende erreicht. Ihr liegt es ob, die äußeren und inneren Bedingungen zu untersuchen, unter denen die Sprache als höchste Form menschlicher Lebensäußerung entsteht. Der Völkerpsychologie kommt es zu, die Gesetze ihrer Weiterentwicklung sowie ihre Rückwirkungen auf das Denken des Einzelnen und der Gemeinschaft zu schildern.

Mit der Entwicklung der Sprache hängt die Entwicklung musikalischer Lautäußerungen auf das innigste zusammen. Das äußere Zeugniss für diesen Zusammenhang liegt darin, dass die willkürliche Erzeugung und Verwendung musikalischer Klänge zum Behuf des Ausdrucks innerer Zustände genau so weit reicht wie die Sprache: nur der Mensch ist musikalischer Lautäußerungen fähig; und zugleich ist die Anlage zur musikalischen Lauterzeugung eine ebenso allgemein menschliche wie die Fähigkeit der Sprache. Thierische Lautäußerungen vermögen wir, indem wir sie von unserem eigenen Standpunkte aus beurtheilen, musikalisch zu interpretiren; auch können solche Aeußerungen, indem sie Affecte und Gefühle zum Ausdruck bringen, in ähnlicher Weise Vorstufen musikalischer Erzeugung sein, wie das Thier in gewissem Grade der Mittheilung von Vorstellungen, also einer rudimentären Sprache fähig ist. Doch als willkürlich verwendbares und fast unbegrenzter Entwicklung fähiges Hülfsmittel des Ausdrucks ist die Musik wie die Sprache ein ausschließlich menschliches Eigenthum.

Aber dieser Zusammenhang ist wahrscheinlich nicht bloß ein äußerer, sondern die frühesten Denkmale der Sprache wie des musikalischen Ausdrucks sprechen dafür, dass beide ursprünglich eng verbunden gewesen sind. Ist es auch entschieden zu viel gesagt, wenn man behauptet, alle Sprache sei einst Gesang gewesen, so erscheint doch nach den ältesten sprachlichen Ueberlieferungen die Sprachäußerung dem Gesang näher zu stehen, während umgekehrt der Gesang selbst in einer seiner späteren künstlerischen Form entsprechenden Weise noch nicht existirte. Vor allem ist es die Neigung zu rhythmischer Gliederung der Rede und zu bildlichem

Ausdruck, also allgemein eine nach unserer heutigen Auffassung poetische Form der Gedankenäußerung, die ungesucht der Rede des Naturmenschen eigen ist, und die sich von selbst mit gesangähnlichem Vortrag verbindet. Der tiefere psychologische Grund dieser Verbindung liegt aber in der allgemein menschlichen Anlage für rhythmische Gliederung der Eindrücke und für harmonische Klangfolgen, wie sie sich, abgesehen von specifisch musikalischer Erzeugung, in zahlreichen Erscheinungen zu erkennen gibt[1]. Sprachliche Gedankenäußerung und Gesang haben also wahrscheinlich ihren gemeinsamen Ausgangspunkt in einer gesangähnlichen Form der Rede, welche weder Gesang noch gewöhnliche Rede in unserem heutigen Sinne gewesen ist, eben deshalb aber beide aus sich entwickeln konnte, indem die Rede die musikalischen Elemente der melodischen Klangbeziehungen und des Rhythmus bis auf wenige unscheinbare Reste abstreifte, der Gesang aber eben diese Elemente selbständig und zum Theil auf Kosten der dem Inhalt des Gedankens angemessenen Betonung entwickelte.

Dass nun aus dem Gesang wieder alle anderen musikalischen Schöpfungen ihren Ursprung genommen haben, daran lassen, abgesehen von allen psychologischen Wahrscheinlichkeitsgründen, die uns zugänglichen Zeugnisse über die Entwicklung des musikalischen Sinnes keinen Zweifel. Die Instrumentalmusik, zuerst nur als Begleitungsmittel der menschlichen Singstimme herangezogen, hat verhältnissmässig spät sich verselbständigt. Ist darum auch geschichtlich kein Zeitpunkt aufzufinden, wo der Mensch dieser äußeren Hülfsmittel entbehrt hätte, so weist schon die dienende Stellung, welche dieselben in der primitiven Musik einnehmen auf ihre secundäre Bedeutung hin, so früh immerhin der Trieb, das subjectiv empfundene und zunächst subjectiv zum Ausdruck gebrachte Gefühl auch objectiv zu verstärken, zu gewissen äußeren Hülfsmitteln der Klangerzeugung geführt haben mag. Zugleich bringt es aber diese Entwicklung mit sich, dass der Instrumentalmusik der Charakter des Kunstmäßigen von Anfang an in ungleich höherem Grade anhaftet als dem

---

1) Hier ist besonders an die mannigfachen früher in Cap. XV und XVI besprochenen Periodicitätserscheinungen, sowie an die Thatsache zu erinnern, dass namentlich im Affect die verschiedenen Nuancen des Gedankenausdrucks mit Veränderungen der Tonlage verbunden sind, die zwar musikalisch in unserm heutigen Sinne des Wortes nicht sind, insofern ihre Bewegung der harmonischen Bewegung der Melodie im allgemeinen nicht entspricht, die aber doch die Anlage zur Entwicklung einer melodischen Tonbewegung in sich tragen. Wird doch die letztere aus der sprachlichen Tonbewegung dann hervorgehen, sobald die Beziehung der Klänge zu einander als solche die Aufmerksamkeit fesselt, ein Vorgang, der durch die rhythmische Gliederung der Rede unmittelbar nahe gelegt wird, da dieselbe durch die Beziehung entsprechender Takttheile auf einander auch eine Beziehung der auf diese Takttheile fallenden Klänge nach Tonhöhe und Klangverwandtschaft hervorbringen kann.

Gesang. Sie verhält sich zu diesem einigermaßen ähnlich wie die Schrift zur Sprache. Ist auch die Auswahl und Verwendung des Materials, das der äußeren Klangerzeugung dient, von den Gesetzen der Klangbildung im menschlichen Sprachorgane abhängig, so hat doch innerhalb der hierdurch gesetzten Schranken die Erfindungskraft den freiesten Spielraum. Darum gewinnt aber auch erst mit Hülfe der Instrumentalmusik der musikalische Ausdruck jene ungeheure Entwicklungsfähigkeit, welche ihn zur Erzeugung immer neuer künstlerischer Formen befähigt, indem sie zugleich auf die ursprüngliche Form musikalischer Bethätigung, auf den Gesang selbst, im höchsten Maße umgestaltend zurückwirkt.

Das Problem des Ursprungs der Sprache musste nothwendig so lange im Dunkeln bleiben, als die Ausdrucksbewegungen überhaupt ein psychologisches Räthsel waren, da eben die Sprache nur die vollendetste Form der Ausdrucksbewegung ist. Der früheren Sprachphilosophie ist sie bald ein Geschenk Gottes, bald eine Erfindung des menschlichen Verstandes, bald eine einfache Lautnachahmung der Schalleindrücke[1]). Erst mit W. v. Humboldt beginnt das Problem in den Kreis wissenschaftlicher Forschung zu treten[2]). Aber Humboldt selbst vermag, wie Steinthal[3]) mit Recht bemerkt, den Boden, dem seine historische Einsicht zuerst die Stützen entzog, mit seiner eigenen Metaphysik noch nicht zu verlassen. So findet sich bei ihm ein eigenthümlicher ungelöster Widerstreit der Gedanken. Die Sprache ist ihm ein nothwendiges Entwicklungsproduct des menschlichen Geistes, aber ihr Ursprung aus diesem wird von ihm nirgends näher nachgewiesen[4]). Die vergleichende Sprachforschung ist diesen psychologischen Grundfragen meistens skeptisch gegenübergestanden, indem sie dieselben wenigstens als vorläufig sich der Beantwortung entziehend hinstellte. Eine Reihe fruchtbarer Gesichtspunkte verdanken wir den Arbeiten von Lazarus[5]) und Steinthal[6]). Namentlich haben sie den Begriff der Onomatopöie erweitert und auf die Wichtigkeit jenes Vorgangs hingewiesen, den wir oben als indirecte Onomatopöie bezeichneten. Auch die Bedeutung der Apperception wurde von ihnen hervorgehoben. Doch schließen sie sich in der Auffassung dieses Vorgangs an die Herbart'sche Psychologie an. Allzusehr scheint mir ferner das Bemühen beider Forscher darauf gerichtet zu sein, die Sprachentwicklung auf eine unwillkürliche Aeußerung von Lautreflexen zurückzuführen. Abgesehen von dem, wie früher (S. 593) bemerkt, wohl zweckmäßiger zu vermeidenden Ausdruck Reflexe an Stelle von Triebbewegungen, scheint mir eine Scheidung

---

1) Vgl. Steinthal, Der Ursprung der Sprache im Zusammenhang mit den letzten Fragen alles Wissens. 3. Aufl. Berlin 1877.

2) W. v. Humboldt, Ueber die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaus und ihren Einfluss auf die geistige Entwicklung des Menschengeschlechts. Ges. Werke, VI.

3) A. a. O. S. 78.

4) Humboldt a. a. O. S. 37 f., 53 f.

5) Leben der Seele, II, S. 3 ff.

6) Abriss der Sprachwissenschaft. I. Berlin 1872. Bemerkenswerthe Erörterungen über einzelne psychologische Probleme der Sprachentwicklung gibt ferner Herm. Paul, Die Principien der Sprachgeschichte. 2. Aufl. Halle 1886.

der unwillkürlichen Vorstufen des Sprachbildungsprocesses und der eigentlichen, die Willkür voraussetzenden Gedankenmittheilung erforderlich zu sein. Der Fehler der Erfindungstheorie und neuerer Anschauungen, die sich ihr nähern[1], besteht anderseits darin, dass sie die Bedeutung jenes Vorstadiums unwillkürlicher Ausdrucksbewegungen entweder nicht beachten oder unterschätzen. Der stetige Uebergang beider in einander wird übrigens um so begreiflicher, da, wie wir früher sahen, die Triebbewegungen lediglich eindeutige Willenshandlungen sind, so dass auch hier wieder der Process mit dem Uebergang der passiven in die active Apperception zusammenfällt.

Die psychologische Bedeutung der Gesichtsvorstellungen für die Sprachentwicklung hat besonders L. Geiger[2]) betont. Indem ihm der ursprüngliche Sprachlaut ein Reflexschrei ist, der auf affecterregende Gesichtseindrücke erfolgt, hat er aber wohl die nothwendig vorauszusetzende Verwandtschaft zwischen der Natur des Lautes und der Vorstellung zu wenig beachtet[3]). Und doch ist jene Beziehung zwischen Laut und Vorstellung eine wesentliche Bedingung des Verständnisses. Sie ist aber um so weniger zufällig, als sie ohne Zweifel innig an die eng begrenzten Bedingungen der Gemeinschaft, innerhalb deren eine Ursprache entsteht, gekettet ist. Diese Bedeutung der Gemeinschaft für die Sprachentwicklung wurde besonders von L. Noiré[4]) hervorgehoben, wobei derselbe vor allem auf die bei gemeinsamer Thätigkeit hervorgebrachten Laute und die Fortpflanzung derselben durch Nachahmung Gewicht legte.

Mehrfach sind auch über die Sprachentwicklung des Kindes Untersuchungen gesammelt worden, um aus ihr über das Problem des Ursprungs der Sprache Aufschluss zu gewinnen[5]). Seine ersten articulirten Laute bringt das Kind selbstthätig hervor, ohne mit denselben die Absicht der Sprachäußerung zu verbinden. Sie bestehen in einsilbigen Lauten einfachster Art, ba, ma, pu u. dergl.; später verbinden sich dieselben zu Reduplicationsformen, wie baba, mama, die manchmal in mehrfacher Wiederholung auf einander folgen. Der auf diese Weise schon in den ersten Lebensmonaten gesammelte Lautvorrath dient bei der Entwicklung der Sprache, die zu Ende des ersten oder im Laufe des zweiten Lebensjahres zu beginnen pflegt. Diese Entwicklung ist keine selbstthätige mehr, sondern sie geschieht, indem der Erwachsene unter Zuhülfenahme von Geberden den Lauten ihre Bedeutung anweist. Hierbei bemerkt man, dass das Kind nur gewissen einfachen, namentlich demonstrirenden Geberden ein unmittelbares Verständniss entgegenbringt. Indem es den Sprachlaut mit der Geberde und der durch sie erweckten Vorstellung associirt, wird dann der erstere allmählich auch ohne diese Begleitung verstanden und zum Zweck der Bezeichnung hervorgebracht. In der Erzeugung von Geberden zeigt daher auch

---

1) Whitney, Die Sprachwissenschaft. Deutsch von J. Jolly. München 1874, S. 71 f.

2) Ursprung und Entwicklung der menschlichen Sprache und Vernunft. Stuttgart 1868.

3) A. a. O. S. 22, 134.

4) Der Ursprung der Sprache. Mainz 1877, S. 323 ff. Logos, Ursprung und Wesen der Begriffe. Leipzig 1885.

5) Steinthal, Abriss der Sprachwissensch. I, S. 290, 376 ff. H. Taine, Revue philos. Janv. 1876. Der Verstand, I, S. 283 ff. Darwin, Mind, July 1877. Preyer, Die Seele des Kindes. 3. Aufl. S. 369 ff. Egger, Développement de l'intelligence et du langage chez les enfants. Paris 1879.

das Kind am ehesten eine gewisse Selbständigkeit. So beobachtete ich, dass von einem Kinde als Zeichen der Verneinung statt des Kopfschüttelns eine ähnliche Hin- und Herbewegung der Hand benutzt wurde, ohne dass irgend ein Vorbild zu dieser speciellen Geberde nachgewiesen werden konnte. Von vielen Beobachtern ist angenommen worden, dass auch einzelne articulirte Laute der Kindersprache von den Kindern selbst zuerst als Klanggeberden für gewisse Vorstellungen ausgingen[1]). Aber die beigebrachten Beispiele erinnern doch in verdächtiger Weise an bekannte Wörter von analoger Bedeutung, so z. B. der von STEINTHAL angeführte Laut lu-lu-lu, den ein Kind beim Anblick rollender Fässer ausstieß, an »rollen«, der von TAINE im demonstrativen Sinne beobachtete Laut tem an »tiens«. Ich habe bei zweien meiner eigenen Kinder über alle bei ihnen entstehenden Sprachlaute sorgfältig Buch geführt, und in keinem der beiden Fälle ist es mir geglückt einen bezeichnenden Laut aufzufinden, der nicht nachweisbar aus der Nachahmung seinen Ursprung genommen hätte. Bei dieser Nachahmung ereignet es sich freilich, dass sie theilweise eine wechselseitige ist. Da das Kind die gehörten Laute unvollkommen nachahmt, so bequemt der Erwachsene dieselben bei der Wiederholung der Sprachfähigkeit des Kindes an. Auf diese Weise entstehen dann die mannigfachen individuellen Verschiedenheiten der Kindersprache. Die Nachahmung ist aber hauptsächlich deshalb eine unvollkommene, weil das Kind zunächst nicht die gehörten Laute sondern die gesehenen Lautbewegungen nachbildet[2]). Es hängt dies, wie S. STRICKER hervorgehoben hat, mit der dominirenden Bedeutung zusammen, welche innerhalb der Complication, die der Sprachlaut bildet, fortan die Bewegungsempfindungen besitzen[3]). Wenn hiernach der Vorgang der Sprachentwicklung beim Kinde im wesentlichen richtig ein Erlernen der Sprache genannt wird, so schließt dies aber nicht aus, dass angeborene Dispositionen denselben begünstigen. In der That würde wohl eine so frühe Aneignung der Sprache nicht stattfinden können, wenn nicht in den Sprachcentren des Gehirns Einrichtungen existirten, welche die Verbindung von Laut- und Bewegungsvorstellungen erleichtern. Diese Annahme wird auch durch die Erfahrung bestätigt, dass bei Taubstummen, bei welchen statt jener gewohnten Complication die andere zwischen Gesichts-, Tast- und Bewegungsvorstellungen ausgebildet werden muss, der Sprachunterricht erst etwa im sechsten Lebensjahr begonnen werden kann, also in einer Zeit, in welcher hörende Kinder sich bereits vollständig die Lautsprache angeeignet haben[4]).

Mit dem Problem des Ursprungs der Sprache steht die Frage nach der Entstehung der Musik in nahem Zusammenhang. Ausgehend von Betrachtungen über die Anfänge der Poesie waren im vorigen Jahrhundert namentlich ROUSSEAU und HERDER die Wortführer der Anschauung, dass alle Sprache als

1) STEINTHAL, Abriss der Sprachwissenschaft, I, S. 382. TAINE a. a. O.

2) Vgl. meine Essays, S. 248 ff.

3) S. STRICKER, Studien über die Sprachvorstellungen. Wien 1880, S. 62.

4) W. GUDE, Die Gesetze der Physiologie und Psychologie über Entstehung der Bewegungen etc., S. 33. Bemerkenswerth ist überdies, dass nach den Erfahrungen der Taubstummenlehrer der taubstumm Geborene ohne besonderen Unterricht niemals in den Besitz einer wirklichen Lautsprache gelangt. Gegentheilige Beobachtungen beziehen sich stets auf Individuen, die nicht von Geburt an taub waren. (Ebend. S. 30.)

Gesang begonnen habe, aus dem Gesang aber zugleich die Musik entsprungen sei[1]. Mit dieser verband sich zugleich die weitere Ansicht, der musikalische Ausdruck sei ursprünglich eine Nachahmung von Naturlauten. So lange man die Sprache selbst theils auf Naturlaute theils auf Lautnachahmungen zurückführte, war die Verbindung dieser Anschauungen von selbst gegeben. In neuerer Zeit ist die ursprüngliche Einheit von Sprache und Gesang namentlich von RICHARD WAGNER in seinen musiktheoretischen Schriften vertheidigt worden. Er erinnert auch darin an ROUSSEAU, dass er diese Einheit nicht bloß als eine vergangene ansieht, sondern zugleich als ein zu erstrebendes Zukunftsideal betrachtet. Doch während ROUSSEAU aus diesem Grunde die Instrumentalmusik überhaupt geringschätzte, will WAGNER daraus nur die Forderung einer innigen wechselseitigen Verschmelzung von Musik und Poesie ableiten. Auch hier ist jedenfalls die selbständige Bedeutung der Instrumentalmusik ebenso wie die der Poesie, welche bei gewissen Formen die musikalische Begleitung völlig unmöglich macht, nicht gebührend gewürdigt. Zudem widerspricht es allen Entwicklungsgesetzen, dass, wo einmal eine Differenzirung verschiedener Formen eingetreten ist, diese wieder zur ursprünglichen Einheit zurückkehren. Schließlich leiden alle diese Theorien an dem Fehler, dass sie in die Vorstellungen über die Anfänge der Entwicklung heutige Anschauungen hineintragen. Da aber der musikalische Ausdruck und die gewöhnliche Rede beide erst aus einem ursprünglicheren Zustande entstanden sind, so ist es eigentlich ebenso wenig zulässig die Sprache aus dem Gesang bez. der Musik wie umgekehrt die Musik aus der Sprache abzuleiten. Insbesondere können ebenso gut wie die Sprache auch andere Ausdrucksformen der Gemüthsbewegungen als Grundlagen für die Entwicklung des musikalischen Ausdrucks angesehen werden[2]. Vollends illusorisch aber ist es, wenn man mit HERBERT SPENCER noch in der heutigen Sprache, namentlich in den Formen der affectreichen Rede die Keime der Musik glaubt auffinden zu können[3]. Liegt doch, wie oben bemerkt, ein wesentliches Moment für die Entwicklung des musikalischen Ausdrucks gerade darin, dass der Klangwechsel der Melodie völlig andern Motiven folgt als denjenigen, von welchen die affectvolle Rede beherrscht wird.

In einer hiervon abweichenden Weise, die aber in neuerer Zeit manche Anhänger gefunden hat, wurde endlich von DARWIN die Frage der Entwicklung des musikalischen Ausdrucks aufgefasst. Nach ihm ist es nicht die menschliche Sprache, in welcher der Gesang und durch ihn die Musik ihre Quelle haben, sondern er betrachtet als nächstverwandte Erscheinungen die ähnlichen Lautäußerungen der Thiere, namentlich den Gesang der Vögel. Nun handelt es sich bei den letzteren durchweg um Lockrufe, die von sexuellen Gefühlen ausgehen und zugleich bestimmte sexuelle Zwecke erfüllen. Auch von den musikalischen Lautäußerungen des Menschen vermuthet daher DARWIN, dass sie ursprünglich solche Lockrufe gewesen seien, die aber ihre sexuelle Bedeutung eingebüßt hätten und zu Affectäußerungen von allgemeinem Charakter geworden seien. Abgesehen davon, dass hier ein Urzustand vorausgesetzt wird

1) ROUSSEAU, Lettre sur la musique française, 1753, und a. O. HERDER, Preisschrift über den Ursprung der Sprache, 1772.

2) Vergl. dazu die hiermit in manchen Punkten übereinstimmenden Bemerkungen von E. VON HAUSEGGER, Die Musik als Ausdruck. 2. Aufl. Wien 1887.

3) SPENCER, The origin and function of music, in dessen Essays, London 1858

für dessen Vorhandensein sich keine Spur directer Zeugnisse auffinden lässt, fehlt es auch an der vorausgesetzten Uebereinstimmung vollständig: die betreffenden thierischen Lautäußerungen zeigen weder die dem musikalischen Ausdruck durchaus wesentliche Veränderlichkeit, noch lassen sie anders als zufällig melodische und rhythmische Beziehungen ihrer Bestandtheile erkennen. Die Aehnlichkeit beschränkt sich also im höchsten Fall auf das äußerlichste Lautmaterial und auf die allerdings auch hier vorhandene Thatsache, dass die Lautäußerungen der Thiere Affectäußerungen sind, so dass man freilich den Thieren im selben Sinne die Anlage zur Musik zuschreiben kann, wie man eine Vorstufe der Sprache in jenen Affectäußerungen sehen darf. Wie sehr sich diese Theorie schließlich auf äußeren Analogien aufbaut, dafür ist es übrigens charakteristisch, dass DARWIN gewisse nicht mit der Stimme hervorgebrachte Geräusche der Thiere, wie das Schwirren der Flügel der Insecten und Vögel, als eine Art Vorstufe der Instrumentalmusik ansieht[1]).

1) DARWIN, Abstammung des Menschen. Deutsche Ausg. Stuttgart 1871, II, S. 292 ff. Ueber SPENCER und DARWIN sowie über einige andere Musikpsychologen Englands (SULLY, GURNEY) vergl. außerdem C. STUMPF, Vierteljahrsschrift für Musikwissenschaft, I, S. 261 ff.

Sechster Abschnitt.

Von dem Ursprung der geistigen Entwicklung.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Metaphysische Hypothesen über das Wesen der Seele.

Alle innere Erfahrung stellt sich uns, sobald wir sie in ihrem Zusammenhang überblicken, in der Form einer Entwicklung dar. Schon die Vergleichung der psychischen Lebensäußerungen in der Thierwelt führt zu der Annahme einer Entwicklungsreihe individueller Bewusstseinsformen, die von einfachsten Triebhandlungen übereinstimmender Art ausgeht. In unserm eigenen Bewusstsein entwickeln sich die Vorstellungen aus einfachen psychischen Elementen, den Empfindungen, und gehen die zusammengesetzteren Denkprocesse und Gefühle aus Verbindungen von Vorstellungen, die sich nach bestimmten Gesetzen vollziehen, hervor. Diejenige psychische Function aber, für deren Aeußerungen das genetische Princip seine umfassendste Geltung gewinnt, ist der Wille. Von den einfachsten zu den verwickeltsten Willenshandlungen führt eine stetige Entwicklungsreihe, in deren Glieder alle andern psychischen Entwicklungen wirkungsvoll eingreifen.

Am Schlusse ihrer empirischen Untersuchungen angelangt bleibt daher die Psychologie vor der Frage stehen: welche Bedingungen müssen als ursprüngliche angenommen werden, damit diese geistige Entwicklung begreiflich werde? Auf diese Frage antworten die metaphysischen Hypothesen über das Wesen der Seele mit Voraussetzungen, die bald aus dem Eindruck gewisser leicht zugänglicher Erfahrungen, bald aus allgemeinen Gemüthsbedürfnissen des Menschen, vor allem aber aus den Bemühungen des Denkens um die Gewinnung allumfassender Weltanschauungen her-

vorgegangen sind. Schon mit Rücksicht auf diesen gemischten Ursprung und ihr überall hervortretendes Streben, der psychologischen Erfahrung vorauszueilen, werden wir von diesen Hypothesen keine Aufschlüsse erwarten dürfen, die allen Erfordernissen genügen. Trotzdem werden wir an ihnen schon deshalb nicht vorübergehen können, weil uns hier Anschauungen begegnen, die heute noch weit verbreitet sind, und die ihre Wirkung auf die Auffassung der innern Erfahrung immer noch in reichem Maße ausüben. Auch darf man wohl vermuthen, dass Vorstellungen, die sich so lange erhalten und eine so große Bedeutung gewonnen haben, nicht ohne eine gewisse, wenn auch möglicherweise beschränkte und nur relative Berechtigung sein können. Eine eingehende Kritik metaphysischer Systeme liegt jedoch unserer Aufgabe fern. Wir müssen uns hier auf eine kurze Erörterung der drei für die Beantwortung des psychologischen Problems maßgebenden metaphysischen Anschauungen beschränken, die, aus frühen mythologischen Vorstellungen gemeinsam entsprungen, allmählich in der philosophischen Speculation sich geschieden haben. Diese drei Anschauungen sind die des Materialismus, Spiritualismus und Animismus.

1. Materialismus.

Der Materialismus ist die älteste philosophische Weltanschauung. In der Geschichte der Philosophie ist er in einer doppelten, einer dualistischen und monistischen Form aufgetreten. Der dualistische Materialismus oder der Materialismus mit den zwei Materien begegnet uns in jenen frühesten naturphilosophischen Lehren, die das Geistige auf eine feinere, mit dem körperlichen Stoff äußerlich verbundene Materie zurückführen. Nur selten ereignen sich noch in neueren Zeiten bei Geistern, die sonst dem Spiritualismus zugeneigt sind, Rückfälle in diese mehr mythologische als philosophische Anschauung. Im Gegensatze zu ihr ist der monistische Materialismus ein verhältnissmäßig spätes, zumeist aus einer skeptischen Bestreitung überkommener spiritualistischer Lehren hervorgegangenes Erzeugniss des philosophischen Denkens.

Diese zweite Form des Materialismus, die gegenwärtig allein noch wissenschaftliche Bedeutung beansprucht, stützt sich einerseits auf die verhältnissmäßige Sicherheit unserer Vorstellungen über die Objecte der Außenwelt gegenüber dem unsichern und schwankenden Charakter der innern Erfahrung, anderseits auf die von keinem vorurtheilsfreien Psychologen zu verleugnende Thatsache der durchgängigen Gebundenheit des geistigen Lebens an körperliche Vorgänge. Sie betrachtet demnach das

Psychische entweder als eine **Wirkung** oder als eine **Eigenschaft** der organisirten Materie, die andern physiologischen Wirkungen, wie Absonderung, Muskelbewegung, Wärmeerzeugung u. dergl., vollkommen gleichartig sei, insofern sie schließlich auf Bewegungen der kleinsten Theilchen zurückführe[1]).

Sowohl die Ausgangspunkte wie die Folgerungen erweisen sich hier als unzureichend. Die größere Constanz unserer Vorstellungen von den Gegenständen der Außenwelt ist selbst ein Resultat psychologischer Vorgänge, welches den Objecten keinesfalls größere Sicherheit geben kann als der innern Erfahrung, in der sich erst jene Vorstellungen entwickeln mussten. Veränderlichkeit der Erscheinungen aber weist zwar stets auf Complication der Bedingungen hin, kann jedoch nie eine Instanz gegen die Realität der Erscheinungen selbst liefern. Die Gebundenheit des geistigen Lebens an körperliche Vorgänge endlich würde nur dann materialistisch zu deuten sein, wenn bei dieser Beziehung regelmäßig die psychischen Erscheinungen als Wirkungen der körperlichen im Sinne der für die Naturerscheinungen gültigen Causalbeziehungen gelten könnten. Dies würde nur zutreffen, wenn die psychologischen Vorgänge selbst körperlicher Natur wären. In der That behauptet daher der Materialismus, jene Vorgänge seien Bewegungen, und er weist zur Begründung dieser Behauptung auf die physiologischen Processe im Nervensystem hin, die als Bewegungsvorgänge anzusehen seien. Doch diese Processe sind nicht die psychischen Erscheinungen selbst. Es bleibt daher nur übrig, entweder die Existenz der letzteren schlechthin zu leugnen oder irgend ein psychisches Grundphänomen, in der Regel die Empfindung, als ursprüngliche Eigenschaft der Materie überhaupt oder wenigstens der organisirten Materie anzusehen, worauf dann alle andern psychischen Vorgänge als Summationserscheinungen jenes Grundphänomens gedeutet werden. Mit dieser Annahme hat der Materialismus seine eigene metaphysische Voraussetzung aufgehoben. Wenn die Empfindung eine constante Eigenschaft des Stoffs ist, so hat sie das nämliche Recht wie die sonstigen Eigenschaften desselben. Entweder wird es dann angemessen sein, eine besondere psychische Substanz neben dem Träger der materiellen Bewegungen anzunehmen, was je nach Umständen zum dualistischen Materialismus zurück- oder zum dualistischen Spiritualismus weiterführt, oder es werden das Psychische und das Körperliche — Denken und Ausdehnung, wie Spinoza es ausdrückte, — als Attribute **einer** Substanz gedacht, eine dem Scheine nach monistische

---

1) Nicht selten durchkreuzen sich diese beiden Auffassungen des Geistigen, als Eigenschaft und als Wirkung oder Function. So z. B. in dem »Système de la nature«, dem Hauptwerk des Materialismus im 18. Jahrhundert, und in noch vielen neueren Darstellungen.

Anschauung, die aber gleichwohl in dem dualistischen Spiritualismus ihren nächsten Verwandten anerkennen muss, wie sie sich denn auch historisch aus ihm entwickelt hat. Körper und Seele gelten hier freilich nicht mehr als selbständige Substanzen. Aber da die allein selbständige Substanz, deren Modi innerhalb verschiedener Attribute sie sind, unerkennbar bleibt, so sind die empirischen Folgerungen diejenigen des vulgären halb materialistischen halb spiritualistischen Dualismus.

Neben der ihm immanenten Nothwendigkeit seinen Standpunkt zu wechseln verräth sich die theoretische Unhaltbarkeit des Materialismus in der gänzlichen Unfähigkeit einer Erklärung des Zusammenhangs der innern Erfahrung, die er an den Tag gelegt hat. Mögen auch die psychologischen Systeme, die von andern Weltanschauungen aus geliefert wurden, großentheils sehr unvollkommen sein, so ist es doch nur der Materialismus, der sich selbst den Weg zu einer wissenschaftlichen Behandlung der innern Erfahrung versperrt hat. Dieser Misserfolg entspringt aus dem unheilbaren erkenntnisstheoretischen Irrthum, den er beim ersten Schritt zur Aufrichtung seines Gebäudes begeht. Er verkennt, dass der innern Erfahrung vor aller äußern die Priorität zukommt, dass die Objecte der Außenwelt Vorstellungen sind, die sich nach psychologischen Gesetzen in uns entwickelt haben, und dass vor allem der Begriff der Materie ein gänzlich hypothetischer Begriff ist, den wir den Erscheinungen der Außenwelt unterlegen, um uns den gesetzmäßigen Zusammenhang derselben erklärlich zu machen.

2. Spiritualismus.

Auch der Spiritualismus ist in einer dualistischen und in einer monistischen Form aufgetreten. Der Urheber des dualistischen Spiritualismus ist Plato, der zuerst aus den älteren materialistischen und animistischen Lehren diese Anschauung zu einer bleibenden Bedeutung entwickelte. Doch ist sie, wie vor allem das lange herrschende psychologische System des Aristoteles zeigt, bis in die neueren Zeiten mit animistischen Vorstellungen verbunden gewesen, die man namentlich in Bezug auf die niederen Seelenthätigkeiten beibehielt. Erst durch Descartes ist diese Verbindung völlig gelöst worden. Die Cartesianischen Anschauungen aber sind noch heute nicht nur in der Philosophie verbreitet, sondern nach ihnen haben sich auch die landläufigen populären Anschauungen über das Verhältniss von Leib und Seele gestaltet[1].

Der dualistische Spiritualismus ist die Metaphysik der zwei Sub-

1) Vgl. meinen Aufsatz: Gehirn und Seele, Essays, S. 88 ff.

stanzen. Körper und Seele sind nach ihm grundverschiedene Wesen, die nicht eine einzige Eigenschaft mit einander gemein haben, gleichwohl aber äußerlich an einander gebunden sind. Der Körper ist ausgedehnt und empfindungslos; die Seele ist ein unräumliches, empfindendes und denkendes Wesen. Wegen ihrer unräumlichen Beschaffenheit wird in der Regel vorausgesetzt, dass sie nur in einem einzigen unausgedehnten Punkt des Gehirns mit dem Körper verbunden sei.

Die Schwierigkeiten dieser Anschauung liegen in dem Problem der Wechselwirkung. Der Dualismus hat zur Lösung dieses Problems nicht weniger als drei Ansichten entwickelt. Nach der naheliegendsten soll die Seele, ähnlich einem gestoßenen Körper, Eindrücke von den leiblichen Organen empfangen und ebenso bei den Bewegungen wieder auf sie zurückwirken. Dieses System des »physischen Einflusses« ist aber ein Rückfall in den dualistischen Materialismus. Denn die Seele müsste ja selbst von körperlicher Beschaffenheit sein, wenn sie von dem Leibe Stöße empfangen und wieder solche an ihn zurückgeben könnte. In Erwägung dieser Schwierigkeiten kam die Cartesianische Schule zu der Vorstellung, dass der Einfluss von Seele und Leib auf einander in jedem einzelnen Fall durch eine besondere göttliche Fügung, eine »übernatürliche Assistenz«, bewerkstelligt werde. Von einem System, das so jede psychologische Thatsache auf ein unmittelbares Wunder zurückführte, war jedoch LEIBNIZ nicht befriedigt. Er betrachtete daher die Verbindung des äußern und innern Geschehens als eine mit der Weltordnung ursprünglich gegebene Thatsache, die er durch seine Annahme einer stetigen, durch unendlich kleine Uebergänge vermittelten Stufenfolge der Wesen verständlich zu machen suchte. Aber diese »prästabilirte Harmonie« des Universums ersetzte schließlich doch nur das wiederholte Wunder der übernatürlichen Assistenz durch eine einmalige Fügung, und noch mehr verminderte sich der Unterschied beider Anschauungen, als sich der Gedanke der universellen Harmonie bei LEIBNIZ' Nachfolgern in die beschränktere Annahme einer speciellen Harmonie zwischen Leib und Seele zurückverwandelte. Indem der Dualismus auf solche Weise alle ihm möglichen Versuche der Erklärung erschöpfte, ohne eine genügende finden zu können, führte er mit Nothwendigkeit zur Ausbildung monistischer Ansichten.

Der monistische Spiritualismus bildet den vollen Gegensatz zum Materialismus mit der einen Materie: er kennt nur eine, die geistige Substanz; die Körper und körperlichen Vorgänge sind Erscheinungen an dieser Substanz. Diese Anschauung stützt sich vor allem auf die unmittelbare Gewissheit der innern und die bloß mittelbare der äußern Erfahrung. Ihre Grundlage ist also jener Idealismus, der dem Materialismus den Weg verlegt. Die Entstehung der Körperwelt kann aber wieder

in verschiedener Weise gedacht werden. Entweder sind die Vorstellungen der Objecte, wie alles Vorstellen und Denken, die Wirkungen einer einzigen geistigen Substanz: so entsteht ein pantheistischer Spiritualismus, wie ihn Berkeley, theils von empirisch-skeptischen Motiven theils von Glaubensbedürfnissen geleitet, als seine Ueberzeugung bekannte. Oder man sucht einen Begriff der Substanz zu entwickeln, der gleichzeitig die Selbständigkeit des individuellen Bewusstseins und die Realität einer außer diesem stehenden geistigen Welt verbürgt. So entwickeln sich jene monadologischen Systeme, denen die menschliche Seele als ein einfaches Wesen erscheint unter vielen andern, die den Leib und die Außenwelt bilden, ausgezeichnet nur durch ihren höheren Werth oder durch die günstige Lage, in die sie mittelst ihrer besonderen Verbindungen gesetzt ist. Aber schon an Leibniz, dem hauptsächlichsten Begründer der Monadenlehre, zeigte es sich, wie leicht solche Anschauungen wieder dem vulgären Dualismus mit allen seinen Widersprüchen anheimfallen, sobald der Versuch gemacht wird, für das Problem der Wechselwirkung eine Erklärung zu finden. Bei Leibniz ist die Seele als herrschende Monade so unendlich erhaben über den dienenden Monaden des Leibes, dass es für Wolff nur eines kleinen Schrittes bedurfte, um vollständig zum Dualismus zurückzukehren. Herbart machte mehr Ernst mit dem Problem der Wechselwirkung. Naturphilosophie und Psychologie sollen bei ihm aus den nämlichen wechselseitigen Störungen und Selbsterhaltungen einfacher Wesen abgeleitet werden. Aber auch er bleibt bei der Anschauung, die Seele sei ein einziges einfaches Wesen unter vielen ihr untergeordneten. In der Selbsterhaltung gegen die Störungen, die sie von andern Monaden empfängt, besteht die Vorstellung; aus Verhältnissen der Vorstellungen geht der ganze Thatbestand der innern Erfahrung hervor. Diese Ansicht würde am leichtesten mit einer Hypothese über den Zusammenhang des Nervensystems vereinbar sein, wie sie Descartes schon aufstellte. In irgend einem Punkt des Gehirns, z. B. in der Zirbeldrüse, müsste die Seele sitzen, und in dem gleichen Punkte müssten von allen Seiten Fasern zusammenlaufen, durch deren Erregungen ihr die Zustände aller andern Hirntheile mitgetheilt würden. Diese Vorstellung widerstreitet aber so sehr den physiologischen Erfahrungen, dass in neuerer Zeit Niemand mehr daran gedacht hat von ihr Gebrauch zu machen. Man hilft sich also damit, dass man der Seele einen beweglichen Sitz im Gehirn anweist. Sie soll hierhin und dorthin wandern, damit sie bei den Vorgängen in den verschiedenen Hirnprovinzen gegenwärtig sein könne. Die Ergebnisse der physiologischen Psychologie würden nun nicht nur ein viel umfangreicheres Wandern der Seele erforderlich machen, als die Urheber dieser Hypothese wohl vermutheten, sondern man würde auch nicht der Annahme entgehen können,

dass sich eine und dieselbe Seele gleichzeitig an verschiedenen Punkten befinde. Denn bei jeder einzelnen Vorstellung wirken zahllose elementare Empfindungen zusammen, denen Erregungen verschiedener, zum Theil weit aus einander liegender Punkte des Centralorgans entsprechen. Fragt man aber nach dem Grunde, welcher die Seelenmonade in jedem Moment gerade an die Orte verpflanzt, wo sie nöthig ist, um die Einwirkungen des Leibes in sich aufzunehmen, so bleibt man ohne Antwort. Das Wunder der übernatürlichen Assistenz oder der prästabilirten Harmonie ist auch hier stillschweigend hinzugedacht.

Den Bedenken gegen einen beweglichen Sitz der Seele hat man endlich noch dadurch zu begegnen gesucht, dass man dem Schlagwort des Leibniz »die Seele hat keine Fenster« das paradox klingende, aber in der That ebenso berechtigte Gegentheil gegenüberstellte: »die Seele hat Fenster«, sie empfindet innerlich die Zustände der Monaden des Leibes, ohne dass sie eines realen oder gar räumlichen Zusammenseins mit denselben bedürfte. Man erkennt jedoch unschwer, dass diese Hypothese der Sache nach mit derjenigen der prästabilirten Harmonie völlig übereinstimmt. Ob man die Vorstellungen aus einer unmittelbaren Verbindung des innern mit dem äußern Geschehen oder aus einer ursprünglichen Harmonie beider ableitet, ist nur ein Unterschied des Ausdrucks. Jene Fenster, die Leibniz der Monade abspricht, hat sie eben vermöge der prästabilirten Harmonie dennoch. Auf die Frage, warum das intuitive Vermögen der Seele auf die Monaden des eigenen Körpers beschränkt sei, bleibt aber auch bei dieser letzten Wendung des monadologischen Gedankens das Wunder einer ursprünglichen Fügung die einzige Ausflucht.

Solchen Schwierigkeiten gegenüber entsteht die Frage, ob die Grundlage, auf der sich alle diese Vorstellungen entwickelt haben, hinreichend sichersteht. Woher schöpft man die Ueberzeugung, dass die Seele ein einfaches Wesen sei? Augenscheinlich aus dem einheitlichen Zusammenhang der Zustände und Vorgänge unseres Bewusstseins. Für den Begriff der Einheit setzt man also den der Einfachheit. Aber ein einheitliches Wesen ist darum noch durchaus kein einfaches. Auch der leibliche Organismus ist eine Einheit, und doch besteht er aus einer Vielheit von Organen. Hier ist es der Zusammenhang der Theile, der die Einheit ausmacht. Aehnlich treffen wir in dem Bewusstsein eine Mannigfaltigkeit an, die auf eine Vielheit seiner Grundlage hinweist.

In allen seinen Gestaltungen kann der monistische Spiritualismus dem Vorwurfe nicht entgehen, dass er von dem idealistischen Gedanken, auf den er sich stützt, einen unerlaubten Gebrauch macht. Erkennen wir an dass nur die innere Erfahrung unmittelbar uns gewiss ist, so ist damit zugleich ausgesprochen, dass alle jene Substanzen, an die der Spiritualis-

mus die innere und äußere Erfahrung bindet, höchst ungewiss sind, denn sie sind uns in keiner Erfahrung gegeben. Sie sind willkürliche Fictionen, durch die man sich den Zusammenhang der Erfahrungen begreiflich zu machen sucht, die aber diese Aufgabe nicht erfüllen, wie dies schon ihre völlige Unfähigkeit gegenüber dem Problem der Wechselwirkung beweist. So kommt schließlich diese Anschauung mit dem ihr antipodischen Materialismus bei dem nämlichen Resultate an. Denn die Vermuthung Locke's, dass die Materie vielleicht denken könne, besitzt ungefähr das gleiche Recht wie die monadologischen oder andere Hypothesen spiritualistischer Richtung.

3. Animismus.

Unter Animismus verstehen wir hier diejenige metaphysische Anschauung, die, von der Ueberzeugung des durchgängigen Zusammenhangs der psychischen Erscheinungen mit der Gesammtheit der Lebenserscheinungen ausgehend, die Seele als das Princip des Lebens auffasst[1]). Hiernach steht der Animismus weder in einem Gegensatze zu den beiden andern metaphysischen Hypothesen, noch repräsentirt er etwa zwischen diesen, die ihrerseits allerdings einen gewissen Gegensatz darbieten, eine neutrale Mitte. Vielmehr kann er bald eine materialistische bald eine spiritualistische Färbung besitzen, und nur die besondere Bedeutung, die ihm in der geschichtlichen Entwicklung der psychologischen Probleme zukommt, rechtfertigt es, ihn von den sonstigen Formen des Materialismus oder Spiritualismus zu sondern. Auch könnte man eine Art Mittelstellung immerhin darin erblicken, dass zwischen den Vorgängen der leblosen Natur und dem geistigen Dasein die allgemeinen Lebenserscheinungen eine Zwischenstufe zu bilden scheinen.

Der Animismus ist so alt wie der dualistische Materialismus, mit dem er ursprünglich verbunden war. Die materielle Seele galt der ältesten Naturphilosophie als die Trägerin nicht bloß der Bewusstseins- sondern

1) Es bedarf wohl kaum der Hervorhebung, dass die hier benutzte, übrigens ältere Bedeutung des Begriffs »Animismus« nicht mit derjenigen verwechselt werden darf, welche in neuerer Zeit namentlich durch E. Tylor (in seinen »Anfängen der Cultur«) für das ganze Gebiet des Geister- und Gespensterglaubens und verwandter Vorstellungen Verwendung gefunden hat. Wollte man diese völkerpsychologischen Erscheinungen mit einem der hier behandelten metaphysischen Begriffe in eine Beziehung bringen, so würde der Spiritualismus die zunächst verwandte philosophische Anschauung genannt werden müssen. In der That hat die neueste Form dieses völkerpsychologischen Animismus mit richtigem Instinct sich selbst als »Spiritualismus« (oder in verunstalteter Form als »Spiritismus«) bezeichnet. Unter den Formen des philosophischen Spiritualismus steht ihm diejenige am nächsten, welche ihrem Wesen nach mit dem dualistischen Materialismus zusammenfällt.

überhaupt der Lebenserscheinungen. Für die weitere Ausbildung des Animismus wurde es aber verhängnissvoll, dass sich sofort mit seiner Abzweigung von dem ursprünglichen Materialismus auch die Entwicklung des Spiritualismus vollzog. Dieser Sprössling des Animismus hat seinem Erzeuger, lange bevor er seine Reife erlangt hatte, den Tod gebracht. Zunächst nebenbei geduldet, um für die Verbindung der höheren Seelenthätigkeiten mit den niederen und dieser mit den körperlichen Functionen einen Anhalt zu bieten, verschwand er allmählich aus den herrschenden Systemen völlig, um nur gelegentlich in den phantastischen Conceptionen unabhängig speculirender Köpfe wieder aufzutauchen und von da aus wohl auch zuweilen auf den Strom der philosophischen Ueberlieferung einen vorübergehenden Einfluss zu gewinnen. Beeinträchtigt wurde außerdem seine Wirksamkeit durch die Verbindung mit schrankenlosen hylozoistischen Phantasien, zu denen der animistische Gedanke so leicht verführt. Der Animismus der stoischen Schule, des Paracelsus und anderer Mystiker bezeugt dies hinlänglich. Dass übrigens aus den letzteren auch in Leibniz' Monadenlehre ein animistischer Zug einging, ist leicht erkennbar. Aus noch neuerer Zeit ist Schelling's Naturphilosophie die Vertreterin eines trüben hylozoistischen Animismus von kaum ermuthigender Nachwirkung für Bestrebungen verwandter Richtung.

Hiernach ist der Animismus diejenige Weltanschauung, die am wenigsten eine selbständige Geschichte hat. Eine uralte, nie völlig erloschene, da und dort immer wieder auftauchende, meist mit andern Gedanken sich kreuzende Idee, ist er im Grunde heute noch so unentwickelt wie in seinen Anfängen oder wenigstens zu der Zeit, da Aristoteles in seiner Definition der Seele als der »ersten Entelechie des lebenden Körpers« eine Begriffsbestimmung geschaffen hatte, die allen möglichen animistischen Anschauungen freien Spielraum ließ. Einen nicht unerheblichen Antheil an diesem Schicksal hat der Umstand, dass animistische Lehren und eine mechanische Auffassung der Lebensvorgänge lange Zeit als feindliche Gegensätze angesehen wurden. Seit der Streit der Animalculisten und Ovulisten über das Wesen der Entwicklungsvorgänge, in welchem zum letzten Mal der Animismus in der Physiologie eine Rolle spielte[1], hauptsächlich in Folge von William Harvey's glänzenden Entdeckungen zu Gunsten einer mechanischen Lebensauffassung entschieden war, huldigte in der Biologie Alles, was mechanischen Anschauungen widerstrebte jenem **Vitalismus**, der als entgeisteter Rest des Animismus zurückblieb, nachdem der Spiritualismus die Bewusstseinserscheinungen für sich in Anspruch genommen hatte.

1) Zur Geschichte dieses Streites vgl. Kurt Sprengel, Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneykunde. 3. Aufl., IV. Halle 1827, S. 232 ff.

Der Physiologie, auf ihr eigenes Gebiet beschränkt, mussten animistische Anschauungen begreiflicherweise ebenso ferne liegen wie der unbekümmert um die physischen Lebensvorgänge ihren Weg verfolgenden spiritualistischen Psychologie.

Alle diese Umstände machen es unmöglich, bei dem Animismus bestimmte Lehren, als solche, die gegenwärtig noch irgend eine maßgebende Bedeutung in Anspruch nehmen können, der Kritik zu unterwerfen. Insoweit der Animismus sich gleichzeitig materialistischen oder spiritualistischen Anschauungen angeschlossen hat, treffen natürlich die gegen diese erhobenen Einwände auch ihn. Insbesondere also sind die mit ihm meistens verbundenen Versuche, das Lebensprincip irgendwie zu substantialisiren, von den nämlichen Gesichtspunkten aus zu beurtheilen, die in Bezug auf den Begriff der Materie und der Seelensubstanz geltend gemacht wurden. Auf der andern Seite aber wird man nicht verkennen dürfen, dass der Animismus in der Verknüpfung der Bewusstseinserscheinungen mit den allgemeinen Lebenserscheinungen gerade solchen Thatsachen der Erfahrung, welche die andern Anschauungen vernachlässigen, besser gerecht wird. Dass eine psychische Entwicklung nur auf der Grundlage physischer Lebenserscheinungen vorkommt, ist ebenso gewiss, wie der von der Psychologie bei allen ihren Untersuchungen gefundene Zusammenhang psychischer und physischer Vorgänge. Wenn es daher der Animismus bisher zu einer haltbaren Theorie der Lebenserscheinungen nicht gebracht hat, so ist damit nicht ausgeschlossen, dass ihm dies noch gelingen werde. Doch müssen wir an eine solche Theorie nicht nur die Anforderung stellen, dass sie mit der Erfahrung übereinstimmt, sondern dass sie auch die erkenntnisstheoretischen Fehler vermeidet, die den Materialismus sowohl wie den Spiritualismus, wenigstens in ihren bisherigen Formen, vor der Kritik unhaltbar erscheinen lassen.

Vierundzwanzigstes Capitel.

Allgemeine Gesichtspunkte zur Theorie der innern Erfahrung.

Versuchen wir es, ohne Rücksicht auf metaphysische Anschauungen, deren Quellen vielfach außerhalb des Gebietes psychologischer Erfahrung liegen, aus dieser selbst die Gesichtspunkte zu gewinnen, von denen eine Theorie des innern Geschehens ausgehen könnte, so wird hierbei zunächst auf die erkenntnisstheoretischen Grundsätze zurückzugehen sein, welche bei der Beurtheilung der innern Erfahrung im Verhältniss zur äußern maßgebend sein müssen. Sodann aber wird die theoretische Betrachtung des innern Geschehens selbst einen doppelten Standpunkt einnehmen können: erstens den ausschließlich psychologischen, welcher die Thatsachen des Bewusstseins ohne jede Rücksicht auf die sie begleitenden physischen Vorgänge der Betrachtung unterwirft, und zweitens den psycho-physischen, wobei man über den Zusammenhang der Vorgänge des Bewusstseins mit den sie begleitenden in der äußern Erfahrung gegebenen physischen Processen Rechenschaft zu geben sucht.

1. Erkenntnisstheoretische Beleuchtung des psychologischen Problems.

In erkenntnisstheoretischer Beziehung ist nun vor allem die bei den metaphysischen Hypothesen über das Wesen der Seele meistens außer Betracht gebliebene Bemerkung geltend zu machen, dass die innere Erfahrung für uns unmittelbare Realität besitzt, während uns die Objecte der äußeren, eben weil sie in die innere Erfahrung übergehen müssen, wenn sie Gegenstände unseres Vorstellens und Denkens werden sollen, nur mittelbar gegeben sind. Dieses Verhältniss, das dem Idealismus den unbestreitbaren Sieg verleiht über andere Weltanschauungen, entbindet nicht der Verpflichtung die Realität der Außenwelt anzuerkennen, aber sie nöthigt zunächst zu einer kritischen Sonderung derjenigen Bestandtheile objectiver Erkenntniss, die in den Erkenntnissfunctionen des Subjectes ihre Quelle haben, von jenen, die als objectiv gegebene vorauszusetzen sind. Darum ist der allein berechtigte kritische Idealismus zugleich Ideal-realismus. Er hat nicht, wie eine Richtung sich anheischig machte, di-

denselben Namen führte, aus idealen Principien die Realität speculativ abzuleiten, sondern, gestützt auf die berichtigten Begriffe der Wissenschaft, das Verhältniss der idealen Principien zu der objectiven Realität nachzuweisen. Da dieses Verhältniss schließlich nur als ein solches der Uebereinstimmung gedacht werden kann, wenn eine Erkenntniss der Objecte möglich sein soll, so wird freilich auch hier das Resultat erwartet werden können, dass die idealen Principien in der objectiven Realität sich wiederfinden, wie denn schon eine oberflächliche Untersuchung uns lehrt, dass die Grundgesetze des logischen Denkens zugleich Gesetze der Objecte des Denkens sind. Aber dieses Resultat muss, wie jedes wissenschaftliche Ergebniss, durch die Untersuchung gefunden, es darf nicht vor aller Untersuchung durch täuschende dialektische Künste erzeugt werden. Was vor aller Untersuchung feststeht, ist nur der Grundsatz, dass die Objecte unseres Denkens diesem conform sein müssen, weil ohne die Gültigkeit dieses Satzes überhaupt nicht begreiflich wäre, wie Erkenntniss entstehen kann[1]).

Dieser Grundsatz schließt die Voraussetzung ein, dass eine objective Realität existirt, die zwar fortwährend zu unserm Denken in Beziehung tritt und erst dann von uns erkannt sein wird, wenn alle Eigenschaften, die wir ihr beilegen, auf bestimmte Erkenntnissfunctionen zurückgeführt sind, die aber als an sich unabhängig von unserm Denken angenommen werden muss, da trotz vieler Widersprüche, die sich in Bezug auf unsere ursprünglichen Annahmen über die Natur der objectiven Dinge herausstellen, doch niemals solche Widersprüche sich ergeben, welche die objective Existenz der Objecte aufheben könnten, weshalb eine derartige Annahme als eine völlig grundlose gänzlich außer Betracht bleibt. In der That kann ungefähr mit demselben Rechte, mit dem der subjective Idealismus eine Erzeugung der objectiven Realität durch das Ich postulirt, umgekehrt von dem empirischen Sensualismus eine Erzeugung der Denkgesetze durch die objective Realität angenommen werden, um die Uebereinstimmung beider mit einander begreiflich zu machen. Jede dieser Richtungen verschließt sich, abgesehen davon, dass sie zu Irrthümern verführt, einen der unerlässlichen Erkenntnisswege. Der subjective Idealismus geht an den wichtigen Aufschlüssen, die die Anschauungen über das objective Wesen der Dinge rücksichtlich unserer Erkenntnissfunctionen geben, achtlos vorbei; der Sensualismus steht allen jenen von uns vorausgesetzten Eigenschaften der Objecte, die uns nicht direct in der äußern Erfahrung gegeben sind, die aber bestimmten Erkenntnissfunctionen ihren Ursprung verdanken, rathlos gegenüber, daher diese Richtung schließlich

1) Vgl. meine Logik, I, 2. Aufl. S. 90.

die kritisch berichtigte, von ihren inneren Widersprüchen befreite Erfahrung durch die rohe sinnliche Wahrnehmung zu ersetzen pflegt.

Die kritische Berichtigung der sinnlichen Erfahrung, die zunächst von den empirischen Naturwissenschaften begonnen und dann von der Philosophie zu Ende geführt werden muss, hat nun schon die ersteren veranlasst, dem Begriff des Dings, in den die gemeine Erfahrung die Ueberzeugung von der unabhängig gegebenen Existenz realer Objecte zusammenfasst, den der Substanz zu substituiren, welcher denjenigen Begriff eines Objectes bezeichnet, der nach Elimination der subjectiven Elemente unserer Wahrnehmung und der Widersprüche in dem ursprünglichen Dingbegriff als objectiv gegeben zurückbleibt[1]). Da ein diesem Begriff entsprechendes Object nicht von uns unmittelbar wahrgenommen werden kann, und da fortwährend weitere Berichtigungen durch vollkommenere Erfahrungen denkbar sind, so ist der Begriff der Substanz gleichzeitig metaphysisch und hypothetisch. Außerdem ist ersichtlich, dass er lediglich der mittelbaren Realität der äußern Erfahrung seinen Ursprung verdankt. Für das ganze Gebiet der unmittelbaren oder inneren Erfahrung ist kein Anlass zur Bildung oder Anwendung des Substanzbegriffs vorhanden. Unsere Vorstellungen, Gefühle und Willensacte sind uns unmittelbar gegeben, und nirgends erheben sich zwischen ihnen, so lange wir sie nur als psychische Vorgänge betrachten, Widersprüche, die zu einer Berichtigung derselben oder zur Annahme eines von ihnen selbst verschiedenen inneren Seins herausfordern könnten. Nachweislich ist daher auch die psychologische Anwendung des Substanzbegriffs, wie sie uns in den Hypothesen über das Wesen der Seele entgegentritt, theils aus einer unberechtigten Uebertragung dieses Begriffs von der äußeren auf die innere Erfahrung theils aus dem Bedürfniss entsprungen, über den Zusammenhang des inneren Geschehens mit den begleitenden körperlichen Vorgängen Rechenschaft abzulegen. Aus letzterem Grunde spielen in den genannten Hypothesen die Vorstellungen über den Sitz der Seele eine so hervorragende Rolle. Nun ist allerdings nicht zu leugnen, dass die Frage nach dem Grunde der psychophysischen Beziehungen eine Untersuchung verlangt, bei der eine Berücksichtigung des materiellen Substanzbegriffs nicht wird fehlen können. Aber jene Frage wird von vornherein falsch gestellt, wenn man an sie sogleich mit der Voraussetzung herantritt, dass die innere Erfahrung selbst in ähnlicher Weise wie die äußere einen Substanzbegriff erforderlich mache.

---

1) Vgl. meine Logik, I, 2. Aufl. S. 535 ff., dazu Essays, S. 120 ff., und System der Philosophie, S. 267 ff.

2. Psychologischer Standpunkt.

Das Ergebniss erkenntnisstheoretischer Erwägungen, zu dem wir soeben gelangten, ist für die psychologische Theorie des inneren Geschehens von tief greifendem Einflusse. Dass eine solche Theorie möglich sei, kann nicht bestritten werden. Unsere innere Erfahrung bildet einen Causalzusammenhang, der von geistigen Thatsachen, die nicht in ihm selbst ihren Ursprung haben, im ganzen in nicht höherem Grade abhängt, als etwa die Bewegungen eines Körpersystems von außerhalb befindlichen Bedingungen. Von einem Hereingreifen der physischen Causalität in die psychische kann aber schon deshalb nicht die Rede sein, weil die erstere nach dem auf materiellem Gebiete überall bewährten Princip der Constanz der Energie als eine völlig in sich abgeschlossene erscheint. Mit demselben Rechte, mit welchem der Physiker die Naturerscheinungen ohne Rücksicht auf die subjective Bedeutung der Empfindungen und Wahrnehmungen, zu denen sie Anlass geben, seiner Untersuchung unterwirft, mit demselben Rechte wird daher die Psychologie den Zusammenhang der innern Wahrnehmungen untersuchen können, indem sie dabei die äußern Objecte lediglich als Vorstellungen betrachtet, die aus bestimmten psychologischen Veranlassungen und nach bestimmten psychologischen Gesetzen entstanden sind.

Die letzten Elemente, aus denen eine selbständige psychologische Theorie die zusammengesetzten Ereignisse der innern Erfahrung abzuleiten hat, sind nun aber nicht irgend welche metaphysische Annahmen über das Wesen der Seele, sondern *unmittelbar gegebene einfachste Thatsachen der innern Erfahrung*. Da die gesammte innere Erfahrung den Charakter der Unmittelbarkeit hat, so müssen jene letzten Elemente, aus denen sie zu entwickeln ist, ebenfalls unmittelbar gegeben sein. Man erkennt hieraus, dass die psychologische Theorie vor der physikalischen den Vortheil voraus hat, dass metaphysische Voraussetzungen von mehr oder weniger hypothetischem Charakter auf psychologischem Gebiete gar nicht erfordert werden. Die Psychologie wird sich daher einer reinen Erfahrungswissenschaft immer mehr nähern können, während sich die Physik in gewissem Sinne immer weiter von einer solchen entfernt.

Da sich aber die Psychologie, theils wegen der verwickelten Natur der innern Erfahrung und der Schwierigkeiten ihrer exacten Untersuchung, theils wegen des irreleitenden Einflusses in sie verpflanzter metaphysischer Hypothesen von fremdartigem Ursprung, gegenwärtig noch in ihren ersten Anfängen befinden dürfte, so sieht sich die psychologische Untersuchung im wesentlichen auf eine vorbereitende Thätigkeit angewiesen. Sie hat

durch sorgfältige Analyse der complexen Thatsachen des Bewusstseins jene Grundphänomene aufzufinden, die als die nicht weiter aufzulösenden Elemente des innern Geschehens vorauszusetzen sind, um durch Nachweisung der Verbindungen, die sie eingehen, und der Umwandlungen, die sie erfahren, eine künftige synthetische Entwicklung der psychologischen Thatsachen aus ihnen möglich zu machen. Auch die obige Darstellung hat in ihren der psychologischen Analyse gewidmeten Theilen diesen inductiven Weg einzuschlagen versucht, und es erhebt sich daher schließlich die Frage, bei welchen Thatsachen wir als den nicht weiter aufzulösenden Elementen des inneren Geschehens stehen geblieben sind.

Hier könnte es zunächst scheinen, als wenn mehrere von einander verschiedene Elemente als solche primitive Thatsachen Anerkennung verlangten. Empfindung, Gefühl, Wille, oder, da die Erfahrung immerhin eine Zurückführung des Gefühls auf den Willen nahelegt, mindestens Empfindung und Wille scheinen sich als solche unabhängig von einander gegebene Elemente darzubieten. Nun müssen wir uns aber daran erinnern, dass die Unterscheidung beider überall erst auf einer psychologischen Abstraction beruht, und dass uns in der wirklichen inneren Erfahrung niemals das eine ohne das andere gegeben sein kann, sollte auch nur in dem an die Empfindung geknüpften Gefühl das Willenselement sich verrathen. Als das wirkliche Element aller geistigen Functionen wird daher diejenige Thätigkeit anzuerkennen sein, bei der Empfindung und Wille in ursprünglicher Verbindung wirksam sind. Diese ursprünglichste psychische Thätigkeit ist aber, wie namentlich aus den Untersuchungen des vorigen Abschnitts hervorgeht, der T r i e b. Dass Triebe die psychischen Grundphänomene sind, von denen alle geistige Entwicklung ausgeht, bezeugt die generelle wie die individuelle Entwicklungsgeschichte. Bei den niedersten Wesen verräth sich das psychische Sein nur in einfachen Triebbewegungen, und mit ähnlichen einfachen Trieben, deren Aeußerungen freilich durch die vererbte Organisation von Anfang an eine verwickeltere Beschaffenheit besitzen, beginnt das menschliche Bewusstsein. Nachdem sich durch die Untersuchung der Willenshandlungen der Trieb als der gemeinsame Ausgangspunkt der Entwicklung des Vorstellens und Wollens ergeben hat, lässt sich aber unschwer erkennen, dass auch im einzelnen die Vorstellungsbildungen und die von ihnen ausgehenden Bewusstseinsentwicklungen den Trieb als ursprünglichstes Element enthalten. Die Verschmelzung der Empfindungen enthält stets als mitwirkenden Factor die Bewegung, die durch die Einwirkung der Sinnesreize als ursprüngliche die Empfindung begleitende Triebbewegung erzeugt wird. Die räumliche und zeitliche Ordnung der Vorstellungen entspringt aus dieser Verbindung. Die Apperception der Vorstellungen ist anfänglich untrennbar an Bewegungen ge-

bunden, die den Vorstellungen entsprechen. Allmählich erst scheidet sich die innere von der äußeren Willensthätigkeit, indem der äußere Bestandtheil der Triebhandlung zeitweise gehemmt wird, so dass die Apperception als selbständig gewordener Vorgang zurückbleibt. So beruht überhaupt die psychische Entwicklung wesentlich darauf, dass die zuerst verbundenen Theile einer Triebhandlung sich trennen, in dieser Trennung neue selbständige Entwicklungen erfahren, worauf dann aus ihnen durch abermalige Verbindung mit Bewegungen neue verwickeltere Triebformen hervorgehen. Auf diese Weise gibt insbesondere die Verselbständigung des Apperceptionsprocesses den Anstoß zur ganzen intellectuellen Entwicklung, an die alle höheren Gefühle, Triebe und Willenshandlungen sich anschließen.

Es ist leicht ersichtlich, dass eine auf solcher Grundlage errichtete psychologische Theorie von dem Gedanken einer Mechanik des innern Geschehens, wie ihn Herbart durchzuführen suchte, ungefähr ebenso weit abliegt, wie die physische Entwicklungsgeschichte eines organischen Wesens von der aus der Gravitationstheorie berechneten Mechanik eines Körpersystems. Nicht als ob hier oder dort eine wissenschaftliche Erklärung möglich wäre ohne die Voraussetzung einer strengen Gesetzmäßigkeit. Nur wird der Nachweis dieser Gesetzmäßigkeit nicht im geringsten gefördert, wenn man die verwickeltsten Erscheinungen gewaltsam unter ein einfaches Schema bringt. In der That besteht die einzige Aufgabe, die der psychologischen Theorie derzeit mit einiger Aussicht auf Erfolg gestellt werden kann, in einer nach synthetischer Methode dargestellten psychischen Entwicklungsgeschichte.

Nun ist aber leicht ersichtlich, dass die psychische Entwicklungsgeschichte sich mit der physischen nicht nur berührt, sondern mächtig in dieselbe eingreift. Wir haben bis dahin, den Standpunkt der rein psychologischen Theorie festhaltend, die innere Erfahrung ohne Rücksicht auf die sie begleitenden körperlichen Vorgänge betrachtet. Auch der Trieb als psychisches Grundphänomen enthält die Bewegung zunächst nur als Bewegungsempfindung, dann in Folge der in der Vorstellungsbildung sich vollziehenden Triebentwicklung als Vorstellung der Bewegung. Nun ist aber die Unterscheidung zwischen der wirklichen Bewegung und ihrer Vorstellung erst ein spät vollzogener Unterscheidungsact des Bewusstseins: die Macht des Willens über die Bewegungen des Körpers bildet daher von Anfang an einen integrirenden Bestandtheil der innern Erfahrung. Indem schon eine oberflächliche Betrachtung der Entwicklungserscheinungen leicht zu dem Resultate gelangt, dass sich mit der Vervollkommnung der physischen Organisation auch die psychischen Leistungen steigern, entsteht jene noch heute geläufige Anschauung, die das erstere als die Ursache des letzteren ansieht. Eine tiefer eindringende Betrachtung der

psychischen Entwicklungsgeschichte gelangt zu der entgegengesetzten Auffassung: durch die Bewegung, die er herbeiführt, wirkt der Trieb zurück auf die physische Organisation, und er hinterlässt an dieser jene bleibenden Spuren, die zunächst die Erneuerung der Triebbewegung erleichtern, dann aber, indem sich die Rückwirkungen anderer Triebhandlungen hinzugesellen, die Entstehung verwickelterer Triebäußerungen gestatten. Begünstigt wird diese Entwicklung durch den früher geschilderten allmählichen Uebergang von Triebbewegungen in rein mechanische Reflexe und Mitbewegungen, die nun eine mehr und mehr sich vervollkommnende Verwerthung der körperlichen Bewegungsmittel möglich machen[1]). So werden wir zu der Auffassung gedrängt, dass die physische Entwicklung nicht die Ursache, sondern vielmehr die Wirkung der psychischen Entwicklung ist. Die körperliche Organisation liefert die durch die psychische Entwicklung der früheren Geschlechter, zu einem kleinen Theil durch die individuelle Bewusstseinsentwicklung erworbenen Anlagen. Jene uralte animistische Auffassung, die zuerst Aristoteles in seine Definition der Seele als der »ersten Entelechie des lebenden Körpers« zusammenfasste, erweist sich, in freilich veränderter Gestalt, als die einzige, die das Problem der geistigen und der körperlichen Entwicklung gleichzeitig zu erleuchten verspricht. Nur die Voraussetzung, dass die psychische Entwicklung den Körper geschaffen hat, macht die trotz aller antiteleologischen Neigungen der heutigen Biologie nicht abzuweisende Thatsache der Zweckmäßigkeit der Lebenserscheinungen begreiflich. Diese Zweckmäßigkeit hat eben darin ihren Grund, dass ein Theil der Lebenserscheinungen, die bewussten Willenshandlungen, unmittelbar aus Zweckmotiven entspringen, der andere größere Theil derselben aber gleichsam aus versteinerten Ueberresten vormaliger Zweckhandlungen besteht. Dies schließt nicht aus, dass auch noch durch das Zusammenwirken äußerer Verhältnisse Resultate herbeigeführt werden können, die wir eben mit Rücksicht auf diese Verhältnisse als zweckmäßige betrachten müssen, wie wir ja schon in der unorganischen Natur von einer derartigen Anwendung des Zweckprincips Gebrauch machen können[2]). In der That gehört ein großer Theil der von Darwin hervorgehobenen Anpassungen vorzugsweise hierher. Doch dürften solche Bedingungen in der Thierwelt immerhin eine relativ untergeordnete Rolle spielen gegenüber den aus der psychischen Entwicklung der organischen Wesen hervorgehenden Zweckmotiven. Uebrigens kommt auch bei dem von Darwin angenommenen »Kampfe ums Dasein« überall da eine psychische Wirkung zur Geltung, wo Triebe und Willenshandlungen als die Ursachen jenes Kampfes erscheinen.

1) Vgl. oben S. 583 ff.
2) Vgl. meine Logik, I, 2. Aufl. S. 644, II, S. 439. System der Philosophie, S. 499 f.

Nur in einer Beziehung scheint für die Zurückführung der physischen auf die psychische Entwicklung eine Lücke zu bleiben, welche die psychologische Beobachtung niemals hoffen darf auszufüllen. Nirgends lässt die Erfahrung mit zureichender Sicherheit den Schluss zu, dass Triebe — sofern wir diesem Begriff überhaupt die Bedeutung lassen, in der er für die Psychologie verwerthbar ist, — auf die Entwicklung der Pflanzen einen Einfluss gewinnen. Aber so sehr die empirische Psychologie darauf bedacht sein muss, dass die Grenzen des psychischen Lebens nicht ohne directe Beweisgründe, die aus der Beobachtung geschöpft sind, erweitert werden, so muss sie doch auch hier bei der Bemerkung stehen bleiben, dass die Unmöglichkeit der Nachweisung des Psychischen die Existenz desselben nicht ausschließt. Findet daher die Naturphilosophie ihrerseits in gewissen Erscheinungen indirecte Gründe, die ihr eine solche Annahme wahrscheinlich machen, so wird es ganz von der Fähigkeit dieser Annahme die Erscheinungen aufzuklären abhängen, ob sie als metaphysische Hypothese statthaft ist oder nicht. In der That scheinen nun manche Erscheinungen des Pflanzenlebens darauf hinzuweisen, dass sie einer psychischen Grundlage nicht entbehren. Abgesehen von denjenigen Lebenserscheinungen, die, wie die Geschlechtsfunctionen, in Formen auftreten, die äußerlich den entsprechenden Triebäußerungen der Thiere ähnlich sind, ist hier besonders auf die Thatsache hinzuweisen, dass jene niedersten Wesen, mit denen die Entwicklung der Pflanzen wie der Thiere beginnt, in ihren Lebensäußerungen den Thieren verwandter sind, so dass, wie solches auch mit Rücksicht auf die Stoffwechselvorgänge schon betont worden ist[1]), die Pflanzen als einseitig entwickelte Thiere erscheinen. Die psychische Entwicklung könnte bei ihnen in einer frühen Lebensperiode stillgestanden sein und zu fest bleibenden Residuen ursprünglicher Triebhandlungen geführt haben, worauf die weitere Ausbildung der Organisation der Einwirkung äußerer Lebensbedingungen anheimfiel. Doch die weitere Ausführung dieser Betrachtungen gehört in das Gebiet der philosophischen Biologie. Auch die Grenzen des rein psychologischen Standpunktes haben wir mit der Erörterung der Beziehung der Triebe zu den physischen Lebensäußerungen bereits überschritten. Denn diese Beziehung weist schon überall auf die Frage hin, welches Verhältniss zu der vorausgesetzten substantiellen Grundlage des Physischen überhaupt dem Psychischen anzuweisen sei. Mit der Erörterung dieser Frage begeben wir uns aber auf den psychophysischen Standpunkt.

1) Pflüger, in seinem Archiv, X, S. 305.

3. Psycho-physischer Standpunkt.

Die psycho-physische Betrachtung hat von dem überall durch die Erfahrung bestätigten Satze auszugehen, dass sich nichts in unserm Bewusstsein ereignet, was nicht in bestimmten physischen Vorgängen seine sinnliche Grundlage fände. Die einfache Empfindung, die Verbindung der Empfindungen zu Vorstellungen, die Associationen derselben, endlich die Vorgänge der Apperception und der Willenserregung sind begleitet von physiologischen Nervenwirkungen. Andere körperliche Processe, wie die einfachen und complicirten Reflexe, gehen an und für sich nicht ein in das Bewusstsein, bilden aber wichtige Hülfsvorgänge der Bewusstseinserscheinungen.

Nun gehören die physischen Lebensvorgänge unmittelbar ebenfalls zu den Bewusstseinserscheinungen: sie sind gesetzmäßig verbundene Vorstellungen, die von dem naiven Bewusstsein als Objecte bezeichnet werden, die wissenschaftliche Analyse aber zur Bildung des metaphysischen Begriffs einer Substanz nöthigen, die, obgleich sie selbst nicht unmittelbar vorgestellt werden kann, doch den Zusammenhang aller objectiven Vorstellungen begreiflich macht. Stellen wir uns nun auf den Standpunkt der physischen Weltbetrachtung, so erscheinen die psychischen Lebensäußerungen gebunden an bestimmte Substanzcomplexe von verwickelter chemischer und morphologischer Zusammensetzung. Für die psycho-physische Betrachtung, die diesen Standpunkt der physischen Weltbetrachtung mit demjenigen der psychologischen Erfahrung zu verbinden hat, ergibt sich also die Aufgabe, den physischen Substanzbegriff so zu erweitern, dass er zugleich die psychischen Lebensäußerungen jener complicirten Substanzcomplexe in sich fasst. Es versteht sich von selbst, dass der so erweiterte Substanzbegriff ebenso hypothetisch ist wie der ursprüngliche, und dass er überdies so zu sagen von bloß transitorischem Gebrauche sein kann, indem, sobald wir über den psycho-physischen Standpunkt hinweg der Frage nach dem wirklichen Sinn der Dinge uns zuwenden, die Erwägung zur Geltung kommt, dass der physische Substanzbegriff nur ein Erzeugniss unseres eigenen Denkens ist, das wir unsern objectiven Vorstellungen zu Grunde legen. Auch jener erweiterte psycho-physische Substanzbegriff kann daher keine andere Bedeutung haben, nur dass bei ihm der specielle Zweck maßgebend ist, von dem durchgängigen Zusammenhang unmittelbar wahrgenommener oder erschlossener innerer Zustände mit den objectiven Vorstellungen eine begriffliche Auffassung zu gewinnen. Schon die kaum zu umgehende Nöthigung, das Verhältniss des Physischen

zu dem Psychischen mit dem des Aeußeren und Inneren in Parallele zu bringen, weist übrigens auf einen solch' transitorischen, für das wirkliche Sein der Dinge nicht maßgebenden Charakter unserer hypothetischen Begriffe hin. Hat doch selbst der Gegensatz des Aeußeren und Inneren in den frühesten mythologischen Vorstellungen seine Quelle, wo etwa der Mensch das Herz seine Seele nennt, weil es im Innern des Körpers liegt. So bleibt stets bei jener Gegenüberstellung das Psychische mit der körperlichen Vorstellung belastet. Sobald wir aber an ihre Stelle den dem wirklichen Verhältniss entsprechenden Gegensatz mittelbarer und unmittelbarer Erfahrung setzen, so bleibt unvermeidlich diese allein stehen, die Objecte verwandeln sich in Vorstellungen, und wir befinden uns außerhalb des Gedankenkreises, den der psycho-physische Standpunkt erfordert.

Deutlich ist demnach diesem sein Gebiet abgegrenzt: dem Problem des Seins selbst nahezutreten kann er sich nicht unterfangen wollen; seine Aufgabe bleibt darauf beschränkt die hypothetischen Begriffe weiterzuführen, welche die Naturwissenschaft auszubilden begonnen. Er darf hoffen damit nicht bloß der Psychologie Dienste zu leisten, indem er die durchgängige Wechselbeziehung des geistigen und körperlichen Geschehens veranschaulicht, sondern auch den physischen Substanzbegriff für die eigenen Zwecke der Naturerklärung zu bereichern, da die organischen Naturproducte aus den von der Physik vorauszusetzenden Eigenschaften der Substanz niemals zu erklären sind, wohl aber von der vom psycho-physischen Standpunkte aus geforderten Ergänzung eine solche Erklärung erwarten dürfen. Die physische führt also hier auf die psychische Entwicklung zurück oder, wie wir es kürzer ausdrücken können, **alle organische Entwicklung ist ein psycho-physischer Vorgang.**

Ueber die Art jener Ergänzung, die an dem physischen Substanzbegriff vorgenommen werden muss, um dem Princip der psycho-physischen Wechselbeziehung zu genügen, kann nun nach den vorangegangenen Erörterungen kein Zweifel sein. Wie der physikalische Standpunkt als elementare Eigenschaft der Substanz die **Bewegung** verlangt, je nach Umständen die Bewegung selbst oder die Fähigkeit Bewegung hervorzubringen, so verlangt der psycho physische Standpunkt, **dass die bewegte Substanz zugleich Trägerin sei des psychischen Elementarphänomens, des Triebes.** In diesem liegt aber an und für sich schon die Beziehung zu der physischen Elementarerscheinung, zur Bewegung. Jede Bewegung wird daher vom psycho-physischen Standpunkte aus aufgefasst werden können als Triebäußerung, demnach als ein Vorgang, der in seiner äußern Erscheinung einer gefühlsbetonten Empfindung entspricht, die ihn begleitet, und die in ihrer Beschaffenheit mit der Bewegung veränderlich ist.

Da wir aber schließlich zu den Lebensäußerungen, welche die complexen Substanzen der organischen Natur entwickeln, in den einfacheren Gestaltungen der leblosen Natur die Vorbedingungen voraussetzen müssen, so wird auch die Annahme nicht zu umgehen sein, dass in dem einfachsten Substanzelement, dem Atom, elementarste Triebformen bereits vorgebildet seien, wobei freilich beachtet werden muss, dass wie die Bewegung so auch die Triebäußerung, zu der ja die Bewegung als ein integrirender Bestandtheil gehört, an die Coexistenz vieler Atome gebunden ist. Darum wird, wenn wir an die psychologische Bedeutung des Triebes denken, hier nur von einer *Triebanlage* zu reden sein, von einem inneren Zustand, der unter hinzutretenden günstigen Bedingungen zum Triebe werden kann, und bei dem vorläufig bloß der äußere Bestandtheil der letzteren, die Bewegung, uns erfassbar ist. Was jenen Zuständen der Substanzelemente fehlt, um als Triebe im psychologischen Sinne gelten zu können, das ist ihr *innerer Zusammenhang*, die Continuität und Verbindung der Zustände, die uns als Bedingung des *Bewusstseins* gilt. In diesem Sinne werden wir die allverbreitet in der Substanz vorauszusetzenden Zustände als *bewusstlose* oder *unverbundene Triebelemente* bezeichnen können. Unter den vielen glücklichen Ideen, die sich bei Leibniz gelegentlich zerstreut finden, sind vielleicht wenige treffender als das Wort, die Körper seien »*momentane Geister*«. Für unser Bewusstsein sind ja psychische Zustände, die, von einander isolirt, nicht den Augenblick ihrer Existenz überdauern, völlig unvorstellbar. Gleichwohl müssen wir wohl solche Zustände als die Vorbedingungen voraussetzen, aus denen sich die Bewusstseinserscheinungen entwickeln. Bieten uns doch selbst die verschiedenen Bewusstseinsstufen noch mannigfache Unterschiede in dem Umfang der ausgeführten Verbindungen dar.

Werden wir demnach zu der Annahme genöthigt, dass die isolirten Substanzelemente der Dauer ihrer inneren Zustände ermangeln, so wird anderseits auch die Voraussetzung geboten sein, dass diese Dauer und der Umfang der psychischen Verbindungen mit der complexen Beschaffenheit der Substanzverbindungen zunimmt. In der That bietet hierfür schon die einfache Thatsache, dass Bewusstseinserscheinungen nur an den verwickelsten Verbindungen der organischen Natur hervortreten, einen augenfälligen Beleg. Dadurch wird aber auch die psycho-physische Erklärung genöthigt, das Auftreten der psychischen Lebensäußerungen mit der Natur jener organischen Substanzverbindungen, denen sie zukommen, in Zusammenhang zu bringen. Gerade dies hat die monadologische Hypothese versäumt. Indem sie einem einzelnen Substanzelement, einem psychischen Atom, Bewusstsein in jeder möglichen Entwicklungsform zuschreibt, lässt sie die Gebundenheit der psychischen Lebensäußerungen an bestim-

organische Lebensformen als zufälliges Ereigniss oder unerklärliches Wunder erscheinen, und wird sie gleich unfähig die psychische wie die physische Entwicklung begreiflich zu machen.

In der That begegnen uns nun an den complexen Substanzverbindungen der organischen Natur Eigenschaften, die in gewissem Sinn als eine physische Wiederholung jener Verbindungen innerer Zustände erscheinen, die wir als Bedingung des Bewusstseins voraussetzen. Jene Eigenschaften sind aber ihrerseits wieder nur gesteigerte Formen solcher Erscheinungen, die uns an allen zusammengesetzten Substanzen entgegentreten. Jedes chemische Molecül hat die Eigenschaft, dass die Hinwegnahme auch nur eines einzigen Atoms seinen ganzen Bau zerstört, indem regelmäßig ein solcher Eingriff eine Umlagerung auch aller andern Atome zu Stande bringt. Man erklärt dies durch die Voraussetzung, dass in dem Molecül ein gewisser Gleichgewichtszustand oscillirender Bewegungen bestehe, dessen Störung an einem Punkt sofort auf das Ganze so lange zurückwirke, bis sich ein neuer Gewichtszustand hergestellt habe. Darum sind chemische Verbindungen um so labiler, je complicirter sie sind. Die verwickelsten aller Verbindungen aber sind diejenigen, die den lebenden Körper zusammensetzen.

Schon die Betrachtung der physischen Lebenserscheinungen hat hier die Vermuthung nahe gelegt, es möchte der Zusammenhang der Functionen auf eine Fortpflanzung von Gleichgewichtsstörungen innerhalb eines einzigen Molecularzusammenhangs zurückzuführen sein[1]). So werden uns denn auch die einfachsten psycho-physischen Lebensäußerungen nach ihrer psychischen Seite verständlicher, wenn wir voraussetzen, dass der Protoplasmaleib eines Protozoon auf irgend einen an einer beschränkten Stelle geschehenden Eingriff von außen sofort als Ganzes in Mitleidenschaft gerathe. Nun sind wir von der Annahme ausgegangen, dass schon die Bewegung eines einzelnen Substanzelementes der äußere Bestandtheil eines psychophysischen Grundphänomens, eines elementaren Triebes, sei. Wie die äußeren Bewegungszustände, so werden daher auch die inneren Zustände der sämmtlichen Substanzelemente jenes complexen Molecüls bei jeder Gleichgewichtsstörung eines einzelnen Theils miterregt werden. Ist auf diese Weise an und für sich jede Reaction, ob man sie nun nach ihrer physischen oder nach ihrer psychischen Seite betrachten möge, von zusammengesetzter Beschaffenheit, so gewinnen aber außerdem die organischen Substanzmolecüle die naturgemäß erst bei sehr complexen Verbindungen mögliche Eigenschaft, dass Nachwirkungen vorangegangener Zustände sich mit neu eintretenden verbinden, wodurch eine Continuität

1) Vgl. mein System der Philosophie, S. 505 ff.

ebensowohl der inneren Zustände wie der äußeren Bewegungen, die Bedingung eines Bewusstseins, entstehen kann.

Bei den entwickelteren Organismen wird der Zusammenhang der Theile vielfach ein minder unmittelbarer, erst durch Zwischenglieder hergestellter sein; ein einheitlicher ist er darum nicht minder: insbesondere aber hat sich hier in dem Nervensystem ein allgemeines Substrat für jene Verbindung der Theile herausgebildet, die bei den niedersten Lebensformen noch an die unmittelbare Verbindung der Elemente der Leibessubstanz gebunden ist. Psychologisch macht sich jene indirectere Form des Zusammenhangs darin geltend, dass die Zustände zahlreicher Theile selbst des centralen Nervensystems unmittelbar nicht an dem Bewusstsein betheiligt sind. Gleichwohl werden wir es auch hier als bedeutsam für die Bewusstseinsentwicklung ansehen dürfen, dass alle Theile des Organismus dereinst, bei ihrer ersten Entwicklung aus der Zelle, eine Substanzeinheit gebildet haben. Nur diese einheitliche Entwicklung macht es begreiflich, dass, wie Leibniz nicht unzutreffend es ausdrückte, allein der Organismus ein »unum per se«, jeder unorganische Körper aber ein bloßes »unum per accidens« ist.

Nach seiner physischen wie nach seiner psychischen Seite ist so der lebende Körper eine Einheit. Diese Einheit beruht aber nicht auf der Einfachheit, sondern auf der zusammengesetzten Beschaffenheit seiner Substanz. Das Bewusstsein mit seinen mannigfaltigen und doch in durchgängiger Verbindung stehenden Zuständen ist für unsere innere Auffassung eine ähnliche Einheit wie für die äußere der leibliche Organismus, und die durchgängige Wechselbeziehung zwischen Physischem und Psychischem führt zu der Annahme, dass was wir Seele nennen das innere Sein der nämlichen Einheit ist, die wir äußerlich als den zu ihr gehörigen Leib anschauen. Diese Auffassung des Problems der Wechselbeziehung führt aber weiterhin unvermeidlich zu der Voraussetzung, dass das geistige Sein die Wirklichkeit der Dinge, und dass die wesentlichste Eigenschaft desselben die Entwicklung ist. Das menschliche Bewusstsein ist für uns die Spitze dieser Entwicklung: es bildet den Knotenpunkt im Naturlauf, in welchem die Welt sich auf sich selber besinnt. Nicht als einfaches Sein, sondern als das entwickelte Erzeugniss zahlloser Elemente ist die menschliche Seele was Leibniz sie nannte: ein Spiegel der Welt.

Register.

(Bearbeitet von Ernst Meumann.)

Die Seitenzahlen des zweiten Bandes sind durch ein Sternchen bezeichnet.

3. Psycho-physischer Standpunkt.

Die psycho-physische Betrachtung hat von dem überall durch die Erfahrung bestätigten Satze auszugehen, dass sich nichts in unserm Bewusstsein ereignet, was nicht in bestimmten physischen Vorgängen seine sinnliche Grundlage fände. Die einfache Empfindung, die Verbindung der Empfindungen zu Vorstellungen, die Associationen derselben, endlich die Vorgänge der Apperception und der Willenserregung sind begleitet von physiologischen Nervenwirkungen. Andere körperliche Processe, wie die einfachen und complicirten Reflexe, gehen an und für sich nicht ein in das Bewusstsein, bilden aber wichtige Hülfsvorgänge der Bewusstseinserscheinungen.

Nun gehören die physischen Lebensvorgänge unmittelbar ebenfalls zu den Bewusstseinserscheinungen: sie sind gesetzmäßig verbundene Vorstellungen, die von dem naiven Bewusstsein als Objecte bezeichnet werden, die wissenschaftliche Analyse aber zur Bildung des metaphysischen Begriffs einer Substanz nöthigen, die, obgleich sie selbst nicht unmittelbar vorgestellt werden kann, doch den Zusammenhang aller objectiven Vorstellungen begreiflich macht. Stellen wir uns nun auf den Standpunkt der physischen Weltbetrachtung, so erscheinen die psychischen Lebensäußerungen gebunden an bestimmte Substanzcomplexe von verwickelter chemischer und morphologischer Zusammensetzung. Für die psycho-physische Betrachtung, die diesen Standpunkt der physischen Weltbetrachtung mit demjenigen der psychologischen Erfahrung zu verbinden hat, ergibt sich also die Aufgabe, den physischen Substanzbegriff so zu erweitern, dass er zugleich die psychischen Lebensäußerungen jener complicirten Substanzcomplexe in sich fasst. Es versteht sich von selbst, dass der so erweiterte Substanzbegriff ebenso hypothetisch ist wie der ursprüngliche, und dass er überdies so zu sagen von bloß transitorischem Gebrauche sein kann, indem, sobald wir über den psycho-physischen Standpunkt hinweg der Frage nach dem wirklichen Sinn der Dinge uns zuwenden, die Erwägung zur Geltung kommt, dass der physische Substanzbegriff nur ein Erzeugniss unseres eigenen Denkens ist, das wir unsern objectiven Vorstellungen zu Grunde legen. Auch jener erweiterte psycho-physische Substanzbegriff kann daher keine andere Bedeutung haben, nur dass bei ihm der specielle Zweck maßgebend ist, von dem durchgängigen Zusammenhang unmittelbar wahrgenommener oder erschlossener innerer Zustände mit den objectiven Vorstellungen eine begriffliche Auffassung zu gewinnen. Schon die kaum zu umgehende Nöthigung, das Verhältniss des Physischen

Da wir aber schließlich zu den Lebensäußerungen, welche die complexen Substanzen der organischen Natur entwickeln, in den einfacheren Gestaltungen der leblosen Natur die Vorbedingungen voraussetzen müssen, so wird auch die Annahme nicht zu umgehen sein, dass in dem einfachsten Substanzelement, dem Atom, elementarste Triebformen bereits vorgebildet seien, wobei freilich beachtet werden muss, dass wie die Bewegung so auch die Triebäußerung, zu der ja die Bewegung als ein integrirender Bestandtheil gehört, an die Coexistenz vieler Atome gebunden ist. Darum wird, wenn wir an die psychologische Bedeutung des Triebes denken, hier nur von einer Triebanlage zu reden sein, von einem inneren Zustand, der unter hinzutretenden günstigen Bedingungen zum Triebe werden kann, und bei dem vorläufig bloß der äußere Bestandtheil der letzteren, die Bewegung, uns erfassbar ist. Was jenen Zuständen der Substanzelemente fehlt, um als Triebe im psychologischen Sinne gelten zu können, das ist ihr innerer Zusammenhang, die Continuität und Verbindung der Zustände, die uns als Bedingung des Bewusstseins gilt. In diesem Sinne werden wir die allverbreitet in der Substanz vorauszusetzenden Zustände als bewusstlose oder unverbundene Triebelemente bezeichnen können. Unter den vielen glücklichen Ideen, die sich bei Leibniz gelegentlich zerstreut finden, sind vielleicht wenige treffender als das Wort, die Körper seien »momentane Geister«. Für unser Bewusstsein sind ja psychische Zustände, die, von einander isolirt, nicht den Augenblick ihrer Existenz überdauern, völlig unvorstellbar. Gleichwohl müssen wir wohl solche Zustände als die Vorbedingungen voraussetzen, aus denen sich die Bewusstseinserscheinungen entwickeln. Bieten uns doch selbst die verschiedenen Bewusstseinsstufen noch mannigfache Unterschiede in dem Umfang der ausgeführten Verbindungen dar.

Werden wir demnach zu der Annahme genöthigt, dass die isolirten Substanzelemente der Dauer ihrer inneren Zustände ermangeln, so wird anderseits auch die Voraussetzung geboten sein, dass diese Dauer und der Umfang der psychischen Verbindungen mit der complexen Beschaffenheit der Substanzverbindungen zunimmt. In der That bietet hierfür schon die einfache Thatsache, dass Bewusstseinserscheinungen nur an den verwickelsten Verbindungen der organischen Natur hervortreten, einen augenfälligen Beleg. Dadurch wird aber auch die psycho-physische Erklärung genöthigt, das Auftreten der psychischen Lebensäußerungen mit der Natur jener organischen Substanzverbindungen, denen sie zukommen, in Zusammenhang zu bringen. Gerade dies hat die monadologische Hypothese versäumt. Indem sie einem einzelnen Substanzelement, einem psychischen Atom, Bewusstsein in jeder möglichen Entwicklungsform zuschreibt, lässt sie die Gebundenheit der psychischen Lebensäußerungen an bestimmte

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Müller, Max, Essays. 4 Bde.

3. Band. Beiträge zur Literaturgeschichte, Biographik und Alterthumskunde. Mit einem Anhang: Briefe von Bunsen an Max Müller aus den Jahren 1849—59. Aus dem Englischen mit Autorisation des Verfassers ins Deutsche übertragen von Felix Liebrecht. 8. 1872. Geh. ℳ 7.50, geb. ℳ 9.—.

4. » Aufsätze hauptsächlich sprachwissenschaftlichen Inhalts enthaltend. Mit Register zum 3. und 4. Bande. Aus dem Englischen mit Autorisation des Verfassers ins Deutsche übertragen von R. Fritzsche. 8. 1876. Geh. ℳ 7.50, geb. ℳ 9.—.

—— Das Denken im Lichte der Sprache. Aus dem Englischen übersetzt von Engelbert Schneider Ph. D. gr. 8. 1888. Geh. ℳ 16.—, geb. ℳ 18.—.

—— Natürliche Religion. Gifford-Vorlesungen, gehalten vor der Universität Glasgow im Jahre 1888. Aus dem Englischen übersetzt von Engelbert Schneider Ph. D. Autorisierte, vom Verfasser durchgesehene Ausgabe. 8. 1890. Geh. ℳ 14.—, geb. ℳ 16.—.

—— Die Wissenschaft der Sprache. Neue Bearbeitung der in den Jahren 1861 und 1863 am königlichen Institut zu London gehaltenen Vorlesungen. Vom Verfasser autorisierte deutsche Ausgabe, besorgt durch Dr. R. Fick u. Dr. W. Wischmann. In zwei Bänden. 8. 1892. 93. Geh. ℳ 25.—, geb. ℳ 29.50.

—— Physische Religion. Gifford-Vorlesungen, gehalten an der Universität Glasgow im Jahre 1890. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. R. Otto Franke. Autorisierte, vom Verfasser durchgesehene Ausgabe. 8. 1892. Geh. ℳ 10.—, geb. ℳ 12.—.

Noiré, Ludwig, Logos. Ursprung und Wesen der Begriffe. gr. 8. 1885. Geh. ℳ 8.—, geb. ℳ 10.—.

Ranke, Johs., Tetanus. Eine physiologische Studie. gr. 8. 1865. ℳ 8.—.

—— Die Lebensbedingungen d. Nerven. Nach Untersuch. a. d. Laboratorium d. Reisingerianums in München als Fortsetzung der Studien über Tetanus. Band II. Heft I. gr. 8. 1868. ℳ 4.—.

—— Die Blutvertheilung u. der Thätigkeitswechsel der Organe. Eine Studie zur Physiologie und Hygieine nach Untersuchungen aus dem Laboratorium des Reisingerianums in München. — Tetanus. Band II. Heft 2. gr. 8. 1871. ℳ 3.75.

—— Grundzüge der Physiologie des Menschen mit Rücksicht auf die Gesundheitspflege und das praktische Bedürfniss der Aerzte und Studirenden. Zum Selbststudium bearbeitet. 4. umgearbeitete Auflage. Mit 274 Holzschnitten. gr. 8. 1881. Geh. 14.—, geb. 15.60.

Rauber, A., Elasticität u. Festigkeit der Knochen. Anatomisch-physiologische Studie. Mit 2 Lichtdruck-Taf. gr. 4. 1876. ℳ 6.—.

Reichert, C. B., Studien d. physiologischen Instituts in Breslau. Mit 4 Kupfertaf. 4. 1858. ℳ 8.—.

Inhalt: 1) Beobachtungen über die ersten Blutgefässe und deren Bildung, sowie über die Bewegung des Blutes in denselben bei Fischembryonen von C. B. Reichert. 2) Beiträge zur pathologischen Anatomie des Cystosarcoma mammae mit besonderer Berücksichtigung der Beziehungen desselben zum normalen Bau der Brustdrüse von K. Harpeck. 3) Beiträge zur Morphologie des Auges von R. Löwig. 4) Beiträge zur pathologischen Anatomie des Epithelialkrebses mit besonderer Berücksichtigung seiner Bildung im Vergleich zur Bildung und zum Wachsthum normaler Horngebilde. Von Julius Ressel. 5) Mikroskopische u. chemische Untersuchung eines Lithopädions von Klopsch.

Riehl, A., Der philosophische Kriticismus und seine Bedeutung für die positive Wissenschaft. 2 Bände. gr. 8. 1876—1887. ℳ 24.—.

1. Band. Geschichte und Methode des philosophischen Kriticismus. 1876. ℳ 9.—.
2. » I. Theil. Die sinnlichen und logischen Grundlagen der Erkenntniss. 1879. ℳ 7.—.
2. » II. Theil (Schluss). Zur Wissenschaftstheorie u. Metaphysik. 1887. ℳ 8.—.

—— —— Giordano Bruno. Ein populärwissenschaftlicher Vortrag. 8. 1889. ℳ —.80.

Rollett, Alex., Untersuchungen aus d. Institute für Physiologie und Histologie an der Universität in Graz. 1.—3. Heft. Mit 8 lith. Tafeln. gr. 8. 1870—73. ℳ 17.—.

1. Heft. I. Rollett, Alex., Ueber Zersetzungsbilder der rothen Blutkörperchen. Mit Taf. A. Fig. 1 u. 2. — II. Ebner, Victor von, Ueber den Bau der Aortenwand, besonders der Muskelhaut derselben. Mit Taf. B. u. C. Fig. 1—17. — III. Kutschin, Const. a. Kasan, Zur Entwicklung des Knochengewebes. Mit Taf. C. Fig. 1. 2. — IV. Dobroslawin, Alexis, a. Petersburg, Beiträge zur Physiologie des Darmsaftes. — V. Golubew, Alex., a. Petersburg, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Batrachier (das Ei von Bufo cinereus zur Zeit der Entwickelung der Rusconi'schen Höhle). Mit Taf. D. Fig. 1—7. — VI. Ryneck, Alex., a. Petersburg, Zur Kenntniss der Stase des Blutes in den Gefässen entzündeter Theile. Mit Taf. A. Fig. 1. 2. 1870. ℳ 7.—.

Verlag von **Wilhelm Engelmann** in Leipzig.

Rollett, Alex., Untersuchungen aus d. Institute für Physiologie und **Histologie** in der Universität in Graz.

2. Heft. VII. Rollett, A., Ueber Elementartheile und Gewebe und **deren Unterscheidung**. — VIII. Rollett, A., Bemerkungen [illegible] der **Magenschleim**haut. Mit Taf. [illegible] 4 Holzschnitten. — [illegible] der **Samenkanälchen** und die Entwickelung [illegible] beim **Mensch**. Mit Taf. F. [illegible] Ueber **die Drüs**. des Larynx [illegible] **bei** [illegible] gesetzter [illegible] **Erscheinungen.** — XIII. Lott, G., Ueber [illegible] ℳ 7.—.

3. » XIV. Rollett, A., Ueber [illegible] — XV. [illegible] Gust., Ueber den feineren [illegible] der Epithel[illegible] insbesondere der [illegible] — XVI. Rollett Ueber eine neue [illegible] Mit 2 Holzschnitten. — XVII. Klemenjiewicz, R., [illegible] 2 Holzschn. 1873. ℳ [illegible].

Rolph, W. H., Biologische Probleme. Zugleich als Versuch zur Entwickelung einer rationellen Ethik. 2. stark erweiterte Auflage. gr. 8. 1884. ℳ 4.—.

Romanes, George John, Darwin und nach Darwin. Eine Darstellung der Darwin'schen Theorie und Erörterung darwinistischer Streitfragen. I. Band: Die Darwin'sche Theorie. Mit Bewilligung des Verfassers aus dem Englischen übersetzt von B. Vetter. Mit dem Bildniss Charles Darwin's u. 124 Fig. im Text. 8. 1892. Geh. ℳ 9.—, geb. ℳ 9 [illegible].

Roux, Wilh., Der Kampf der Theile im Organismus. Ein Beitrag zur Vervollständigung der mechanischen Zweckmässigkeitslehre. gr. 8. 1881. ℳ 4.—

—— Ueber die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren. Eine hypothetische Erörterung. 8. 1883. ℳ —.60.

Schmidt-Rimpler, H., Die Schulkurzsichtigkeit und ihre Bekämpfung. Bearbeitet auf Grund von Schuluntersuchungen, die im Auftrage des königl. preuss. Ministeriums für geistliche, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten angestellt wurden. gr. 8. 1890. ℳ 3.—.

Schoen, Wilh., Beiträge zur Dioptrik des Auges. Mit 11 [illegible] 1 phototypirten Tafel und 23 Holzschn. Fol. 1884. Cart. ℳ [illegible].—

Techmer, F., Phonetik. Zur vergleichenden Physiologie der Stimme und Sprache. 2 Theile. Lex.-8. 1880. ℳ 18.—.

1. Text und Anmerkungen. ℳ 10.—.
2. Atlas mit 8 lith. Taf. u. 188 (eingedr.) Holzschn. [illegible] der Phonetik. ℳ 8.—.

Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg. 4 Hefte. 1. 2. Heft. Hrsg. von Alb. von Bezold. Mit [illegible] Tafeln. 3. 4. Heft. Hrsg. von Rich. Gscheidlen. Mit 5 [illegible] Taf. gr. 8. 1867 [illegible] ℳ 17.75.

1. Heft. Toxicologische Beiträge. I. Ueber die physiologischen Wirkungen [illegible] Atropins von A. v. Bezold u. F. Bloebaum. — II. [illegible] kungen des Veratrins von A. v. Bezold u. d. L. H[illegible]. ℳ [illegible].

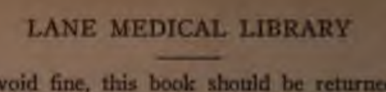
2. » III. Ueber die nervösen Centralorgane des [illegible] IV. Untersuchungen über die Herz- und Gefässnerven der Säugethiere [illegible] A. v. Bezold. Mit 2 lithogr. Taf. 1867. ℳ 5.—.

3. » I. Ueber die physiologischen Wirkungen des [illegible] R. Gscheidlen. Mit Taf. I u. II. — II. [illegible] aus St. Petersburg. — III. Ueber die Wirkung [illegible] C. Arnstein und P. Sustschinsky. — IV. [illegible] wurzeln auf die Erregbarkeit der [illegible] St. Petersburg. Mit Taf. III—V. — V. [illegible] Thierkörper von R. Gscheidlen. — VI. Zur Physiologie [illegible] des Vagus im Herzen von P. Sustschinsky. 1869. ℳ [illegible].—.

4. » Albert von Bezold. Kurze Lebensskizze von R. Gscheidlen. — VII. [illegible] träge aus dem Gebiete der thierischen [illegible] Müller aus Christiania. — VIII. Ueber einige [illegible] giftes. Mitgetheilt von R. Gscheidlen. — [illegible] der Iris. Mitgetheilt durch Engelhardt aus [illegible].

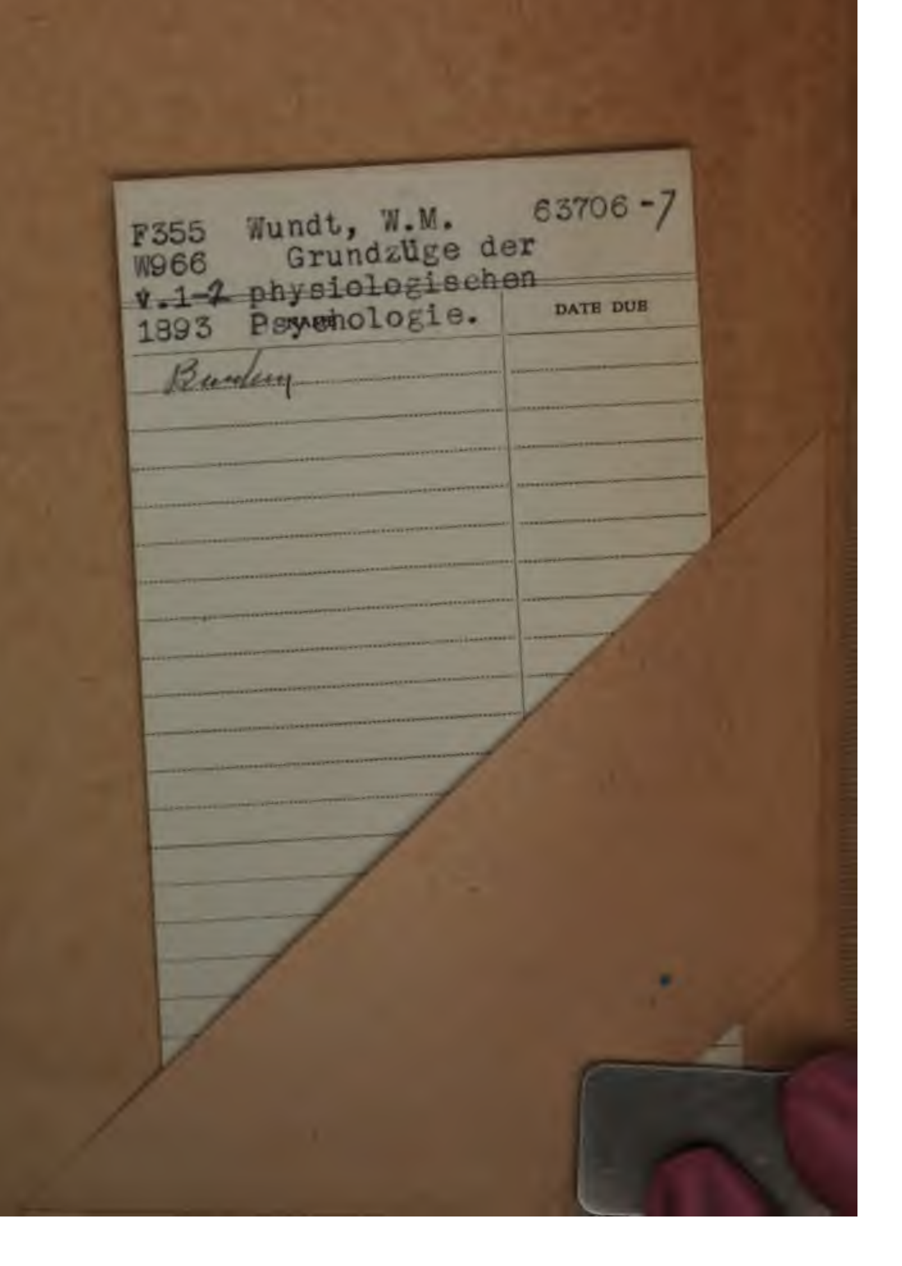
Weber, E. H., Ueber die Anwendung der Wellenlehre auf die Lehre vom Kreislaufe des Blutes und insbesondere auf die Pulslehre. 1850. Hrsg. von [illegible] v. Frey. Mit 1 Tafel. (Ostwald's Klassiker Nr. [illegible]) 8. 1889. [illegible] ℳ

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.


LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.




F355 Wundt, W.M. 63706-7
W966 Grundzüge der
v.1-2 physiologischen
1893 Psychologie.
DATE DUE
Bundery

